

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Júlio Brugnara Mello

**APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE DE CRIANÇAS: UMA PROPOSTA
PARA A IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE BAIXA MASSA ÓSSEA A PARTIR DE
TESTES FÍSICOS**

Porto Alegre

2020

Júlio Brugnara Mello

**APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE DE CRIANÇAS: UMA PROPOSTA
PARA A IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE BAIXA MASSA ÓSSEA A PARTIR DE
TESTES FÍSICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito principal para a obtenção do título de doutor outorgado por esse programa.

Orientador: Prof. Dr. Adroaldo Cezar Araujo Gaya

Porto Alegre

2020

CIP - Catalogação na Publicação

Mello, Júlio Brugnara
APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE DE CRIANÇAS: UMA
PROPOSTA PARA A IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE BAIXA MASSA
ÓSSEA A PARTIR DE TESTES FÍSICOS / Júlio Brugnara
Mello. -- 2020.
128 f.
Orientador: Adroaldo Cezar Araujo Gaya.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa de
Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto
Alegre, BR-RS, 2020.

1. Aptidão física. 2. Saúde óssea. 3. Avaliação
física. 4. Crianças. I. Gaya, Adroaldo Cezar Araujo,
orient. II. Título.

Júlio Brugnara Mello

**APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE DE CRIANÇAS: UMA PROPOSTA
PARA A IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE BAIXA MASSA ÓSSEA A PARTIR DE
TESTES FÍSICOS**

Conceito Final: **A**

Aprovado em 27 de agosto de 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gabriel Gustavo Bergmann – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos Amorim – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Markus Vinicius Nahas – Universidade Federal de Santa Catarina

Orientador – Prof. Dr. Adroaldo Cezar Araujo Gaya – Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Para meus pais Liziane e Júlio.

AGRADECIMENTOS

Este ciclo que se completa foi transcrito com a ajuda de muitas pessoas. É muito comum nessa vida acadêmica nos aventurarmos por diversos lugares e inevitavelmente conhecermos muitas pessoas. Mas esse momento, para mim em especial, teve seu início muito antes da vida acadêmica ser uma realidade, e nesse sentido que gostaria de agradecer, aqui registrado, as pessoas que muito me ajudaram.

Muito obrigado a minha família pelo apoio aos estudos e a formação de caráter. Meus pais, Júlio e Liziane, minha irmã Karolyna, muito obrigado por todo o esforço desempenhado para que fosse possível que eu visse para a capital Porto Alegre estudar. Agradeço por tudo o que me foi dado e espero poder retribuir à vocês, também espero poder ajudar outras pessoas assim como vocês me ajudaram.

Muito obrigado meus tios, Renato, Eliane e Tiago pela ajuda incansável para me manter vivendo em Porto Alegre, principalmente quando as fases foram as piores. O apoio de vocês com frases como “o estudo em primeiro lugar” nunca saíram da minha cabeça, embora qualquer dificuldade aparecesse no caminho. Agradeço também meus avós Tanita e Renato por toda ajuda e apoio, assim como as pessoas da Família que sempre estiveram me apoiando, em especial meus primos/irmãos e compadres Willy e Leonardo e suas esposas Mirelly e Byannka por todo o apoio sempre.

Gostaria de fazer um agradecimento às pessoas que me acolheram em Porto Alegre e se tornaram minha família também. A minha namorada Gisele que incansavelmente me apoia em tudo. Que acolheu minha família com muito amor, em especial minha filha Maria Antônia, e com muito carinho e amor construiu comigo nossa casa, onde podemos viver e planejar nossos sonhos. Muito obrigado a toda a família pela acolhida e apoio, eu me sinto em casa com vocês e não há forma de expressar tamanha gratidão por isso. Muito obrigado meus sogros Ildefonso e Sirlei e meus cunhados Giovani e Mayara, Douglas e Fátima.

Muito obrigado a todos, que junto com sua família me acolheram nos primeiros anos em Porto Alegre na Pousada Teresópolis. Um grande amigo que me apoiou nos momentos mais difíceis dessa jornada. Esse tempo tive o privilégio de conhecer muitas pessoas, mas em especial, um grande amigo que se tornou como um irmão mais velho. Meu grande amigo Jerônimo. Gostaria de agradecer por toda a amizade e sabedoria com que ajudou nessa jornada.

Gostaria de agradecer a Michelle e a sua família por cuidarem e criarem minha filha. Embora nossos caminhos tenham sido diferentes, todo o apoio com a Maria Antônia, suprimindo a minha ausência, desde a vinda para Porto Alegre foram fundamentais para que eu concluísse o doutorado.

Gostaria de agradecer aos meus professores do Colégio Estadual São Patrício, que ainda hoje me enviam mensagens, torcendo por mim. Assim como gostaria de agradecer aos meus professores da Universidade Federal do Pampa por todo o apoio e aprendizado. Com muito orgulho digo que fiz parte de um projeto de educação, que levou uma universidade pública para uma região do RS desprivilegiada pela distância dos grandes centros. Hoje minha UNIPAMPA é uma grande universidade e nosso povo colhe os frutos de uma educação de qualidade.

Gostaria de fazer um agradecimento especial ao professor Gabriel Bergmann por ter sido a pessoa que abriu as portas da universidade para mim. Não há como expressar o quanto te admiro, me inspiro e sou grato por tudo o que fez por mim.

Muito obrigado ao professor Michael Duncan por ter me acolhido na Universidade de Coventry na Inglaterra. Assim como meus colegas e amigos que fiz Ricardo, Jiani, Emmy e Cain. Um agradecimento especial a professora Clarice por toda a parceria de trabalho e apoio durante a jornada no Reino Unido.

Por fim, gostaria de agradecer a cada um dos membros do Projeto Esporte Brasil. Tive a oportunidade de conviver, ao longo desses seis anos, com três gerações desse grupo, ver suas mudanças e avanços, mas sobretudo o companheirismo o apoio entre amigos e colegas para encarar os desafios da pós-graduação. Muito obrigado a todos. Muito obrigado professora Anelise Gaya pelo apoio e pelos ensinamentos, mas em especial, a confiança depositada em mim para realizar várias tarefas do nosso grupo. Muito obrigado professor Adroaldo Gaya por todo o ensinamento. Muito obrigado pelas oportunidades, confiança e pela mudança que causou na minha vida. Eu lhe admiro muito, muito obrigado por nos ajudar a sonhar voos altos e realiza-los.

“Fico obrigado, vinculado, a continuar este diálogo e a poder contribuir, na medida das minhas possibilidades, para os vossos projetos, para os vossos trabalhos, para as vossas reflexões, para o vosso diálogo. É esse diálogo que quero e é nesse preciso sentido que eu vos digo: muito obrigado”

(Trecho do discurso de António Nóvoa no III Encontro do PIBID UNESPAR em 2014 falando sobre os três níveis de gratidão do Tratado da Gratidão de São Tomás de Aquino)

RESUMO

Os objetivos desta tese são: 1) verificar as associações entre o desempenho nos testes de velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores e indicadores de saúde óssea em crianças; 2) propor pontos de corte para o desempenho nos testes de aptidão física para a identificação do estado de saúde óssea de crianças; e 3) descrever o perfil da aptidão física relacionada à saúde da população infantil brasileira, considerando a inclusão dos testes de aptidão física e pontos de corte propostos. Para os objetivos 1 e 2 foram avaliadas as variáveis: velocidade a partir do teste de corrida de 20m, agilidade a partir do teste do quadrado de 4x4m, potência de membros superiores a partir do teste de arremesso de *medicine ball* e potência de membros inferiores a partir do teste de salto horizontal. As variáveis desfecho do estudo foram o conteúdo e a densidade mineral óssea de diferentes segmentos corporais, avaliados por exame de absorciometria por raios-X com dupla energia. O estudo realizado se caracterizou como transversal com método correlacional. Foi realizada uma análise secundária em um banco de dados com 160 crianças com idade entre seis e 11 anos de uma escola pública. Para as análises de associação foram utilizadas equações de regressão linear e para a proposição dos pontos de corte foram realizadas equações de curvas ROC. Para as quatro capacidades físicas testadas, sempre houve associações com pelo menos um segmento corporal, seja no conteúdo ou na densidade mineral óssea. Os resultados das associações ajustadas para o sexo, idade, maturação somática e percentual de gordura indicam uma relação linear entre a velocidade e o conteúdo e a densidade mineral óssea em todos os segmentos corporais. Houve uma relação linear da agilidade com o conteúdo mineral ósseo das pernas e a densidade mineral óssea do corpo todo e das pernas. Tanto a potência de membros superiores quanto a de membros inferiores se associaram apenas com o conteúdo mineral ósseo das pernas. Os valores de área sob a curva ROC nos testes do quadrado de 4x4m e salto horizontal não foram suficientes para a identificação dos pontos de corte. Já os testes de corrida de 20m, para a estimativa da velocidade e arremesso de *medicine ball* de 2kg para a estimativa de potência de membros superiores apresentaram acurácia suficiente para a identificação de pontos de corte para a triagem de crianças com maiores chances de possuir baixa densidade mineral óssea na coluna e na pelve. Para o objetivo 3 foi realizado um estudo independente a partir dos resultados encontrados na pesquisa. Um estudo de tendência da aptidão física relacionada à saúde de crianças brasileiras na última década foi realizado com o banco de dados do Projeto Esporte Brasil. Para esse estudo foram consideradas as variáveis índice de massa corporal, aptidão cardiorrespiratória, flexibilidade e força/resistência abdominal – que já faziam parte da aptidão física relacionada à saúde – além da velocidade e potência de membros superiores, que compõem a nova proposta. Os resultados desse estudo demonstram que todas as variáveis apresentaram uma tendência semelhante ao longo da década, apresentando um aumento considerável no percentual de crianças em zona de risco à saúde. A partir dos resultados apresentados, assim como de sua aplicabilidade demonstrada, proponho considerar como aptidão física relacionada à saúde de crianças, o conjunto de capacidades físicas: flexibilidade, capacidade cardiovascular, força muscular localizada, velocidade e potência muscular de membros superiores, agregadas à composição corporal ou indicadores antropométricos de estimativas de excesso de peso.

Palavras-chave: aptidão física, saúde óssea, avaliação física, crianças

ABSTRACT

The aims of this thesis are: 1) to verify the associations between performance in speed, agility and power of upper and lower limbs tests and children's bone health indicators; 2) to propose cut-off points for the performance in physical fitness tests to identify the children's bone health; and 3) to describe the profile of health-related fitness of Brazilian children, considering the inclusion of the proposed physical fitness tests and cut-off points. For aims, 1 and 2 the variables were evaluated: speed from the 20m running test, agility from the 4x4m square test, upper limb power from the medicine ball throw test and lower limb power from the horizontal jump test. The outcome variables were the bone mineral content and density of different body segments, assessed by dual energy X-ray absorptiometry. The study carried out was characterized as cross-sectional with a correlational method. A secondary analysis was carried out on a database with 160 children aged between 6- 11 years from a public school. For the association analysis, linear regression equations were used and for the proposition of the cut-off points, equations of ROC curves were performed. For the four physical abilities tested, there were always associations with at least one body segment, whether in bone mineral content or density. The results of associations adjusted for sex, age, somatic maturation and fat percentage indicate a linear relationship between speed and bone mineral content and density in all body segments. There was a linear relationship between agility and bone mineral content in the legs and bone mineral density in the total body and legs. Both the power of the upper and lower limbs was associated only with the legs' bone mineral content. The area values under the ROC curve in the 4x4m square and horizontal jump tests were not sufficient to identify the cut-off points. The 20m running tests, for estimating the speed and throwing of 2kg medicine ball for estimating the power of upper limbs, were sufficiently accurate to identify cut-off points for screening children with greater chances of having a low bone mineral density in the spine and pelvis. For aim 3, an independent study was conducted based on the results found in the research. A trend study of health-related fitness to the Brazilian children in the last decade was carried out with the database of *Projeto Esporte Brasil*. For this study, the variables body mass index, cardiorespiratory fitness, flexibility and abdominal strength - which were already part of health-related fitness - were considered, in addition to the speed and power of upper limbs, which make up the new proposal. The results of this study demonstrate that all variables showed a similar trend over the decade, with a considerable increase in the percentage of children in risk to health. From the results presented, as well as its demonstrated applicability, I propose to consider as a children's health-related fitness the set of physical capacities: flexibility, cardiovascular capacity, localized muscular strength, speed and muscular power of upper limbs, added to the composition body weight or anthropometric indicators of overweight estimates.

Key words: physical fitness, bone health, physical assessment, children

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. APRESENTAÇÃO DA TESE	13
1.1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1.3.1 Velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores de crianças brasileiras.....	18
1.3.2 Relação dos indicadores de saúde óssea com a aptidão física na infância.....	22
1.3.2.1 <i>Desenvolvimento e saúde do osso.....</i>	22
1.3.2.2 <i>Aptidão física e saúde óssea.....</i>	26
1.3.3 Exercise in school Physical Education increase bone mineral content and density: a meta-analysis.....	30
CAPÍTULO 2. MÉTODOS DO ESTUDO	51
2.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	52
2.2 HIPÓTESES.....	52
2.3 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS.....	53
2.3.1 Variáveis teste.....	53
2.3.2 Variáveis desfecho.....	53
2.3.3 Covariáveis.....	53
2.4 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	54
2.5 SUJEITOS DA PESQUISA.....	54
2.5.1 Procedimentos éticos.....	54
2.5.2 Características da amostra.....	54
2.5.3 Cálculo amostral.....	55
2.6 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	55
2.6.1 Velocidade.....	56
2.6.2 Agilidade.....	57
2.6.3 Potência de membros superiores.....	58
2.6.4 Potência de membros inferiores.....	58
2.6.5 Composição corporal.....	59
2.6.6 Maturação Somática.....	60
2.6.7 Estratégia de coleta de dados e desenho experimental.....	61
2.7 TRATAMENTO DOS DADOS.....	62
2.7.1 Análise descritiva.....	62

2.7.2 Diferenças de variabilidades e associações.....	63
2.7.3 Análises de curvas ROC.....	63
2.7.4 Validação dos pontos de corte encontrados.....	65
CAPÍTULO 3. RESULTADOS	66
3.1 ANÁLISE DESCRITIVA.....	67
3.2 DIFERENÇAS DE VARIABILIDADES E ASSOCIAÇÕES.....	70
3.3 ANÁLISES DE CURVAS ROC.....	76
3.4 VALIDAÇÃO DOS PONTOS DE CORTE ENCONTRADOS.....	80
CAPÍTULO 4. ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DOS RESULTADOS	82
PROJETO ESPORTE BRASIL: PERFIL DA APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE DE CRIANÇAS BRASILEIRAS NOS ÚLTIMOS 10 ANOS.....	83
CAPÍTULO 5. DISCUSSÃO, CONCLUSÕES E DEFESA DA TESE	95
5.1 DISCUSSÃO.....	96
5.2 CONCLUSÕES.....	100
5.3 DEFESA DA TESE.....	102
6. REFERÊNCIAS.....	106
7. ANEXOS E APÊNDICES.....	123

CAPÍTULO 1. APRESENTAÇÃO DA TESE

Introdução

Objetivos

Revisão de literatura

1.1 INTRODUÇÃO

A principal instituição internacional com foco em medicina do esporte, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, 2018), baseada em importantes autores da área (BOUCHARD; STEPHENS, 1994; CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985), define aptidão física como “*a capacidade de realizar tarefas diárias com vigor e atenção, sem fadiga indevida e com energia suficiente para desfrutar de atividades de lazer e atender emergências imprevistas*”. Complementa-se que a aptidão física é composta por um conjunto de capacidades físicas que podem ser agrupadas em componentes relacionados à saúde e componentes relacionados ao desempenho motor¹. Nesse sentido, a aptidão física relacionada à saúde é composta pelo conjunto de capacidades físicas – resistência cardiovascular, força e resistência muscular e flexibilidade – agregadas a composição corporal. Já a aptidão física relacionada ao desempenho motor é composta pelo conjunto de capacidades físicas agilidade, coordenação, equilíbrio, potência muscular, tempo de reação e velocidade (quadro 1).

No Brasil, a aptidão física é amplamente estudada no âmbito da saúde, o que evidentemente fez com que conceitos e instrumentos locais fossem desenvolvidos para tal. Esses conceitos foram primeiramente discutidos por Barbanti (1982), Böhme (1989), Nahas (1989), Matsudo (1992) e Guedes (1993). Em 1994 Gaya propôs um conjunto de medidas e testes para a avaliação da aptidão física de crianças e adolescentes brasileiros (Projeto Esporte Brasil – PROESP-Br), de acordo com os conceitos previamente definidos de aptidão física (GAYA; SILVA, 2002). A versão atual desse instrumento (GAYA; GAYA, 2016) será utilizada como ferramenta de estudo na presente tese de doutoramento. Cabe salientar que as capacidades físicas incluídas nesse instrumento no constructo aptidão física relacionada ao desempenho motor são a aptidão cardiorrespiratória, velocidade, agilidade e potência de membros inferiores e superiores.

¹ O termo aptidão física relacionado ao desempenho motor será utilizado nessa tese como nomenclatura padrão por ser adotada atualmente pelo PROESP-Br. Todavia é reconhecido que há tantas outras nomenclaturas, como aptidão física relacionada às habilidades (ACSM, 2018), ao desempenho atlético (Caspersen, 1974), ao desempenho esportivo (BÖHME, 1994) e ao desempenho (PROESP-Br, 2002).

Quadro 1. Definições da aptidão física relacionada à saúde e ao desempenho motor. Quadro traduzido do Livro *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (ACSM, 2018).

<p>Componentes da aptidão física relacionada à saúde</p> <ul style="list-style-type: none">• Resistência cardiorrespiratória: a habilidade do sistema circulatório e respiratório de fornecer oxigênio durante uma atividade física sustentada.• Composição corporal: relativo ao conjunto de músculos, gordura e ossos e outras partes vitais do corpo.• Força muscular: habilidade do músculo de exercer força.• Resistência muscular: a habilidade do músculo em continuar em performance com fadiga.• Flexibilidade: a amplitude de movimento disponível em uma articulação.
<p>Componentes da aptidão física relacionada ao desempenho motor</p> <ul style="list-style-type: none">• Agilidade: a habilidade de mudar a posição do corpo em um espaço com velocidade e precisão.• Coordenação: a habilidade de utilizar os sentidos, como a visão e audição, junto com as partes do corpo na execução de tarefas de maneira suave e precisa.• Equilíbrio: a manutenção do equilíbrio estacionário ou em movimento.• Potência: a habilidade ou taxa no qual se pode produzir trabalho.• Tempo de reação: o tempo gasto entre um estímulo e o início da reação.• Velocidade: a habilidade de realizar movimento em um curto espaço de tempo.

Quadro traduzido pelo autor.

Atualmente a aptidão física relacionada à saúde de crianças e adolescentes é extensamente investigada a nível global. Alguns estudos de revisão sistemática têm sugerido algumas significativas associações: 1) da capacidade cardiovascular e composição corporal com a saúde mental, cardíaca, respiratória e metabólica, além da prevenção e tratamento do excesso de peso (DONNELLY *et al.*, 2016; HOUSTON; KULINNA, 2014; LIN *et al.*, 2015; MINTJENS *et al.*, 2018); 2) da força e resistência muscular com a saúde cardíaca, respiratória, musculoesquelética e articular (GARCÍA-HERMOSO; RAMÍREZ-CAMPILLO; IZQUIERDO, 2019; SMITH *et al.*, 2014; TARP *et al.*, 2019; THIVEL *et al.*, 2016); e 3) da flexibilidade com quadros de dor lombar ou dor musculoesquelética, desvios posturais, prevenção de dores e lesões nas articulações, além da mobilidade (BEHM *et al.*, 2016; GASIBAT; BIN SIMBAK; ABD AZIZ, 2017).

Mesmo com essa vasta gama de evidências sobre aptidão física relacionada à saúde (CATTUZZO *et al.*, 2016), pesquisas atuais têm apontado outros importantes desfechos de saúde que podem estar associados à um ou mais componentes da aptidão física. É o caso dos indicadores de saúde mental (JANSSEN *et al.*, 2020), de cognição (KAO *et al.*, 2017) e de saúde dos ossos

(GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2017, 2020). Desse modo, se as relações supracitadas forem bem consolidadas e aceitas na comunidade científica, é viável uma proposta para acrescentar mais capacidades físicas no conceito de aptidão física relacionada à saúde.

Em se tratando da presente tese, propõe-se o estudo da associação de alguns componentes da aptidão física com indicadores de massa óssea. Como justificativa para a escolha desse desfecho, podemos primeiramente considerar que a infância e a adolescência são períodos críticos para o desenvolvimento ósseo, pois 50% da massa óssea em adultos é acumulada nessa fase (BAXTER-JONES *et al.*, 2011; VAN DER SLUIS; DE MUINCK KEIZER-SCHRAMA, 2001). Portanto o aumento do acúmulo de massa óssea durante a infância e a adolescência, através do exercício físico, é considerado uma maneira eficaz de prevenir a osteoporose e manter a boa saúde óssea na idade adulta (GUNTER; ALMSTEDT; JANZ, 2012; HUI; SLEMENDA; JOHNSTON, 1990; WEAVER *et al.*, 2016).

Dessa forma, os dados de um estudo longitudinal de 15 anos mostraram que durante a adolescência e o início da idade adulta, de todas as variáveis da aptidão física (tanto relacionadas à saúde quanto ao desempenho motor), apenas a força explosiva e isométrica e a velocidade estavam relacionadas com a densidade mineral óssea na idade adulta (KEMPER *et al.*, 2000). Assim como Gómez-Bruton *et al.* (2017) mostraram que o aumento da potência de membros inferiores através de exercícios pliométricos (efeitos em potência muscular) em crianças e adolescentes promovem incrementos no conteúdo mineral ósseo. Corroborando estas evidências, alguns estudos indicam que intervenções com exercícios físicos que englobam força, corridas de velocidade, saltos e corridas com troca de direção têm efeito positivo em indicadores de saúde óssea na infância e adolescência (COSSIO-BOLAÑOS *et al.*, 2018; GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2020; HENRIQUES-NETO *et al.*, 2020).

Com base nesses pressupostos, a hipótese da relação entre as capacidades físicas mencionadas anteriormente e indicadores de saúde óssea pode desencadear estratégias de diagnóstico indireto (da saúde óssea) a partir de testes de aptidão física. Ademais, a possibilidade de realizar uma triagem, com uma acurácia aceitável, do estado de massa óssea de uma criança a partir de um teste de aptidão física pode ser um avanço no conceito de aptidão física relacionada à saúde, como já mencionado.

A relevância da aplicabilidade deste tipo de triagem em ambientes educacionais, por exemplo, se dá principalmente pela dificuldade das avaliações diretas de indicadores de saúde óssea (LAZARETTI-CASTRO, 2004). Estas avaliações são geralmente efetuadas na prática clínica, através do exame de densitometria óssea por atenuação de raios-X de dupla energia. Além do alto custo desse exame, sua aplicação em crianças requer o emprego de um *software* especificamente desenvolvido para avaliar esse público, o que em muitos serviços de saúde torna-se um fator impeditivo à sua aplicabilidade (SILVA *et al.*, 2006).

Neste sentido, objetivando viabilizar aos profissionais que trabalham com o movimento humano um instrumento de avaliação simples dos indicadores de massa óssea, além de uma proposta teórica de outras capacidades físicas que também englobam a aptidão física relacionada à saúde é que estão descritos abaixo os objetivos desta tese de doutoramento.

1.2 OBJETIVOS

A presente pesquisa está estruturada a partir de três objetivos:

- Verificar as associações entre o desempenho nos testes de velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores e indicadores de saúde óssea de crianças.
- Propor pontos de corte para o desempenho nos testes de aptidão física para a identificação do estado de saúde óssea de crianças.
- Descrever o perfil da aptidão física relacionada à saúde da população infantil brasileira, considerando a inclusão dos testes de aptidão física e pontos de corte propostos.

1.3 REVISÃO DE LITERATURA

Este tópico tem como objetivo apresentar as principais bases teóricas que nortearam a construção desta tese de doutorado. Sua apresentação terá início com a aptidão física de crianças, trazendo um perfil das variáveis da aptidão física que foram estudadas. A seguir, serão apresentadas as evidências sobre desenvolvimento ósseo e as principais considerações sobre saúde óssea. No mesmo tópico serão apresentadas evidências sobre a relação (estudos de associação) entre a aptidão física e os indicadores de saúde óssea na infância. Por fim, a revisão de literatura é concluída com a apresentação de uma revisão

sistemática sobre o efeito de programas de educação física que possuem ênfase no desenvolvimento da aptidão física nos indicadores de saúde óssea, descrevendo a relação de causa e efeito entre exercício físico (manipulação da aptidão física) e indicadores de saúde óssea na infância.

1.3.1 Velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores de crianças brasileiras

Pontos chave

- Aproximadamente 40% das crianças brasileiras possuem desempenho considerado fraco ou razoável nas variáveis agilidade, velocidade e potência de membros superiores e inferiores;
- Um percentual entre 0,5 e 4% de crianças brasileiras possuem um desempenho considerado excelente;
- O desempenho em velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores parece ter um comportamento diferente ao longo da infância.

O conjunto de variáveis que compõem o constructo Aptidão Física Relacionada ao Desempenho Motor é amplamente estudado nas ciências do esporte. Profissionais de diversas áreas como a formação esportiva, desenvolvimento atlético em longo prazo, educação física escolar, reabilitação e treinamento físico se deparam com estas capacidades físicas rotineiramente no ambiente de prática. Todavia, no Brasil ainda são rasas as evidências sobre essas variáveis no público infantil, principalmente no que diz respeito às relações destas variáveis com indicadores sociodemográficos, de saúde, de atividade física, dentre outros.

O próprio nome do constructo sugere que os esforços em pesquisas com estas variáveis são concentrados no âmbito do desempenho no esporte (BUZOLINI NETO *et al.*, 2009; CABRAL *et al.*, 2016; KUNRATH *et al.*, 2017; SCHUBERT *et al.*, 2016). Portanto, o objetivo deste texto é apresentar as principais evidências sobre agilidade, velocidade e potência de membros superiores e inferiores no Brasil e delinear um perfil destas variáveis em crianças no âmbito nacional.

No Brasil, as principais diretrizes nacionais para a avaliação destas variáveis em crianças são a padronização CELAFISCS (MATSUDO, 1998) e o Manual de testes e avaliação do PROESP-Br (GAYA; GAYA, 2016). Contudo, alguns

pesquisadores brasileiros utilizam baterias de testes internacionais (MEREDITH; WELK, 2003; MOREIRA *et al.*, 2019). Tais diretrizes possuem testes indicados para avaliar cada capacidade física, porém, corriqueiramente os testes são semelhantes entre as diretrizes. O presente estudo se propôs a estudar quatro variáveis: velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores, portanto este texto terá como principal enfoque estas capacidades físicas, independente da forma que são avaliadas.

As pesquisas mencionadas a seguir tratam de objetivos como: 1) descrever o perfil da aptidão física em localidades específicas, por exemplo, cidades e estados, projetos esportivos sociais, praticantes de modalidades esportivas específicas e escolares; 2) Comparar o desempenho físico de crianças em países, estados, estágios maturacionais, idade óssea, níveis competitivos de esporte, tipos de escola e estágios de desenvolvimento motor; 3) Associações com o nível maturacional e com modalidades esportivas; e 4) uma revisão de literatura.

De forma geral a aptidão física de uma grande parcela das crianças brasileiras parece estar abaixo do recomendável. De acordo com diversas pesquisas, cerca de 40-60% das crianças atingem desempenho igual ou abaixo de um nível razoável (DUMITH *et al.*, 2010; FUHRMANN; PANDA, 2015; JOCHIMS *et al.*, 2013; KAMONSEKI *et al.*, 2019; LUGUETTI; RÉ; BÖHME, 2010; MELLO *et al.*, 2015; MONTEIRO *et al.*, 2015; SCHUBERT *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2019). Além desses dados locais, em um estudo com amostra nacional de 8.750 crianças e adolescentes (MELLO *et al.*, 2016), aproximadamente 30-40% dos meninos e 36-44% das meninas estavam classificados como desempenho fraco para as quatro variáveis aqui estudadas. Os cerca de 55-70% de crianças restantes estavam classificadas nas demais categorias de forma equivalente (razoável, bom e muito bom). E de forma evidentemente natural cerca de 0,5 a 4% das crianças e adolescentes atingem desempenhos excelentes conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Classificação da aptidão física relacionada ao desempenho motor estratificada por sexo. Tabela traduzida de (MELLO *et al.*, 2016)

	PMI	PMS	VELOCIDADE	AGILIDADE
MENINOS				
	% (IC95%)	% (IC95%)	% (IC95%)	% (IC95%)
Fraco	40,2 (38,8 - 41,5)	29,7 (28,4 - 30,9)	41,4 (39,9 - 42,8)	37,4 (36,1 - 38,8)
Razoável	17,3 (16,2 - 18,3)	18,5 (17,4 - 19,5)	15,1 (14,0 - 16,1)	15,7 (14,6 - 16,7)
Bom	19,4 (18,3 - 20,4)	22,6 (21,4 - 23,7)	20,2 (19,0 - 21,3)	18,9 (17,7 - 20,0)
Muito bom	19,4 (18,2 - 20,3)	24,3 (23,0 - 25,5)	21,3 (20,1 - 22,4)	24,5 (23,2 - 25,7)
Excelente	3,7 (3,1 - 4,2)	4,9 (4,2 - 5,5)	2,0 (1,6 - 2,3)	3,5 (2,9 - 4,0)
MENINAS				
	% (IC95%)	% (IC95%)	% (IC95%)	% (IC95%)
Fraco	43,7 (42,0 - 45,3)	36,8 (41,6 - 56,3)	42,8 (41,1 - 44,4)	41,0 (39,3 - 42,6)
Razoável	17,6 (16,3 - 18,8)	17,6 (16,2 - 18,9)	16,2 (14,0 - 17,4)	15,7 (14,4 - 16,9)
Bom	17,0 (15,7 - 18,2)	19,4 (17,9 - 20,6)	17,0 (15,7 - 18,2)	19,2 (17,8 - 20,5)
Muito bom	17,5 (16,2 - 18,7)	21,9 (20,4 - 23,3)	22,4 (20,9 - 23,8)	21,0 (19,6 - 22,3)
Excelente	4,2 (3,5 - 4,8)	4,3 (3,6 - 4,9)	1,6 (1,1 - 2,0)	3,1 (2,5 - 3,6)

PMI: potência de membros inferiores; PMS: potência de membros superiores; %: valor percentual; IC 95%: intervalo de confiança de 95%.

Quando observamos as variáveis de maneira separada, as pesquisas apontam algumas diferenças que devem ser consideradas em relação a um perfil das crianças brasileiras. Sobre a velocidade, é consenso que meninos são mais rápidos em média que as meninas em todos os cenários pesquisados (praticantes de esporte, obesos, sedentários, etc.) (FERRARI *et al.*, 2015; KREBS; MACEDO, 2010; LORENZI *et al.*, 2005; MATSUDO *et al.*, 2014; MELLO *et al.*, 2015, 2016). As evidências também mostram que entre os sete e os 12 anos de idade há uma variabilidade considerável de velocidade, que chega a ser de um segundo para o teste de corrida de 20 metros nos dois sexos (KREBS; MACEDO, 2010; LORENZI *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2015, 2016) e de um segundo e meio para os meninos e até dois segundos para as meninas no teste de corrida de 50 metros (MATSUDO *et al.*, 2014; ZAMPIER ULBRICH, 2007). No tocante as crianças de seis anos de idade não há evidências suficientes para descrever com a mínima precisão os resultados de velocidade.

Com relação à agilidade, as evidências demonstram que esta capacidade, a partir dos testes do quadrado 4x4m (KREBS; MACEDO, 2010; LORENZI *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2015, 2016), *Shuttle run* (FERRARI *et al.*, 2015; MATSUDO *et al.*, 2014) e corrida 10x5m (GUEDES *et al.*, 2017), tem pouca variabilidade entre as idades de sete a 12 anos nos dois sexos. Não obstante a essa semelhança, há uma diferença entre os sexos mais acentuada nos 11 e 12 anos de idade (KREBS;

MACEDO, 2010; LORENZI *et al.*, 2005; MELLO *et al.*, 2016; GUEDES *et al.*, 2017). Esta afirmação é coerente com apenas um estudo que estratificou as análises descritivas por estágio maturacional (MATSUDO *et al.*, 2014). Seus resultados indicam que as meninas pré-púberes e púberes não se diferenciam em média dos meninos pré-púberes e púberes. Todavia, meninos pós-púberes são em média dois segundos mais rápidos que as meninas pós-púberes no teste *Shuttle run*.

A respeito da potência de membros inferiores os estudos demonstram que em todas as idades os meninos atingem melhores resultados no teste do salto horizontal (LORENZI *et al.*, 2005; LUGUETTI; RÉ; BÖHME, 2010; MELLO *et al.*, 2015, 2016) em relação as meninas. Um estudo realizado no estado de São Paulo (COLEDAM *et al.*, 2013) apresenta valores médios superiores, em todas as idades, aos encontrados em uma amostra nacional (MELLO *et al.*, 2016) e em estudos com amostras locais (LORENZI *et al.*, 2005; LUGUETTI; RÉ; BÖHME, 2010). Cabe ressaltar que estes estudos utilizaram a mesma diretriz de avaliação da aptidão física. O estudo de Coledam *et al.* (2013) demonstrou que meninos com idade média de nove anos saltam em média 165 centímetros. Em contrapartida a estes resultados o estudo de Matsudo *et al.* (2014), embora com uma diretriz de avaliação diferente mas com o mesmo teste de salto horizontal, demonstrou que 160 centímetros é um resultado atingido apenas por crianças púberes em média. Estes resultados vão ao encontro de outros estudos (LORENZI *et al.*, 2005; LUGUETTI; RÉ; BÖHME, 2010; MELLO *et al.*, 2015) que demonstram que entre os sete e os 12 anos de idade as crianças saltam entre 99 e 150 centímetros.

Sobre a potência de membros superiores os estudos evidenciam que esta é a capacidade física com maior variabilidade entre os sete e os 12 anos de idade. Os estudos que avaliaram esta variável a partir do arremesso de *medicine ball* de 2kg (LORENZI *et al.*, 2005; LUGUETTI; RÉ; BÖHME, 2010; MELLO *et al.*, 2015, 2016) mostraram também que os meninos possuem, em todas as idades, desempenho melhor ao das meninas. Ademais essa diferença é muito acentuada nas crianças de 11 e 12 anos de idade. Corroborando estes resultados, os estudos de Ferrari *et al.* (2015) e Matsudo *et al.* (2014) demonstraram que, a partir da avaliação da pressão manual, as crianças em estágios mais avançados de maturação sexual possuíam desempenho muito superior aos seus pares em estágios menos avançados.

Adicionalmente, alguns estudos trazem evidências de que o processo de maturação, seja sexual, somática ou óssea, deve ser considerado em pesquisas

sobre aptidão física de crianças e adolescentes em geral. Indo ao encontro do que já é consenso na literatura internacional (ASADI *et al.*, 2017; KATZMARZYK; MALINA; BEUNEN, 1997). Poucos estudos consideram a maturação ao reportarem evidências sobre as capacidades físicas supracitadas. A pesquisa de Pinto Junior *et al.* (2014), por exemplo, demonstrou que o estágio de maturação óssea (idade óssea) é um indicador de desempenho nos testes de aptidão física, independente do sexo. Com relação à maturação somática, Kunrath *et al.* (2017) demonstram que há associações entre os desempenhos nos testes de aceleração, velocidade e agilidade com a distância para o pico de velocidade de crescimento. Este estudo, porém, foi conduzido com adolescentes futebolistas.

Além destes indicadores de maturação, a prática esportiva, o sexo e a idade são as principais variáveis cujas relações com a velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores foram estudadas no Brasil. No entanto, estes estudos de forma geral descrevem minimamente o perfil destas variáveis nas crianças brasileiras. Em síntese, pode-se concluir que é fraco o desempenho físico da maioria das crianças brasileiras. Aditivamente, as variáveis estudadas – velocidade, agilidade e potência de membros superiores e inferiores – parecem ter um comportamento diferente ao longo da infância em termos de desempenho.

1.3.2 Relação dos indicadores de saúde óssea com a aptidão física na infância

1.3.2.1 Desenvolvimento e saúde do osso

Pontos chave

- A infância e adolescência representam uma fase importante para o desenvolvimento ósseo.
- O processo de remodelação óssea possui duas fases de desequilíbrio, a primeira é a favor da deposição de osso e a segunda é a favor da reabsorção de osso.
- O pico de massa óssea é um momento chave para a prevenção de doenças ósseas futuras como a osteoporose.

O osso é um órgão duro e esbranquiçado e configura-se como a principal estrutura do esqueleto humano. Em pessoas com menos de 50 anos de idade, os ossos representam cerca de 16-17% do peso corporal (MALINA; BOUCHARD, 2002). Dessa forma o tecido ósseo configura-se como um importante componente do desenvolvimento corporal em termos de estatura e peso.

Os ossos possuem uma matriz óssea formada por dois conjuntos de componentes, orgânicos e inorgânicos, representando respectivamente 35% e 65% dessa matriz, aproximadamente. O componente orgânico é constituído principalmente pela proteína chamada colágeno, que é a classe mais abundante de proteínas do organismo humano, representando mais de 30% de sua proteína total. O componente inorgânico é composto por um conjunto de minerais constituídos principalmente pela composição fosfato de cálcio cristalizado, chamada de hidroxiapatita. Estes dois componentes, orgânicos e inorgânicos, são cimentados por substâncias que colam os cristais às fibras colágenas, formando uma unidade compacta (COWLES *et al.*, 1998).

Essa unidade pode ser classificada em duas substâncias chamadas de osso cortical (compacto) e osso trabecular (esponjoso). Essas substâncias se diferem em densidade, mas sobretudo no formato em que as lâminas ósseas estão dispostas. No osso cortical, as lâminas ósseas estão dispostas de maneira muito unida, paralelamente, sem que haja espaço entre elas, tornando-o mais rígido. Dessa forma, a substância óssea cortical é mais externa nos ossos, e especialmente nos ossos longos, e além de externa, compõe o centro dos ossos longos (diáfise). Suas principais funções são a proteção e rigidez ao osso, além de permitir vascularização através de canais específicos (NETTER, 2015; MALINA; BOUCHARD, 2002).

A substância óssea trabecular por sua vez, possui as lâminas ósseas dispostas de maneira irregular, deixando espaços entre si. Isso torna essa substância óssea menos densa. Todavia as cavidades presentes no osso trabecular são preenchidas por medula óssea vermelha e se encontram mais ao centro de ossos planos e mais às extremidades dos ossos longos (epífise). Outro importante espaço de osso trabecular é o corpo das vértebras, em especial da coluna lombar e torácica. Além de comportar medula óssea vermelha, o osso trabecular também auxilia na dissipação das forças externas provocadas pelos impactos inerentes de atividades como caminhadas, saltos, socos, etc. (VICENTE-RODRÍGUEZ, 2006).

Dessa forma, a saúde dos ossos está diretamente associada à quantidade de massa óssea presente na matriz óssea. Essa massa óssea pode ser descrita de diferentes formas, entretanto as mais comuns são o conteúdo mineral ósseo, computado em gramas (g) e a densidade mineral óssea, que pode ser apresentada como densidade real (g/cm^3) ou densidade não real (g/cm^2), que é a mais utilizada em exames laboratoriais (LU *et al.*, 2009; TANAKA; WAKE; KATO, 2009).

Tanto o conteúdo quanto a densidade mineral óssea são influenciados pelo resultado da remodelação do tecido ósseo (OKAMOTO *et al.*, 2006). Este processo é caracterizado pela ação das células osteoblastos e osteoclastos. Os osteoblastos fazem deposição de osso, com maior frequência, na superfície externa no osso. A deposição óssea é um processo em que o osteoblasto é incrustado no colágeno e em uma substância de ligação e se torna um osteócito. Esse osteócito mineraliza o colágeno com os cristais de hidroxiapatita (PROVOT; SCHIPANI, 2005).

Os osteoclastos por sua vez realizam a reabsorção óssea. O processo de reabsorção é a remoção de matriz óssea e a reutilização dos minerais na circulação sanguínea. Essas células sempre são encontradas no local específico em que ocorrerá a reabsorção. Durante o processo de crescimento, em especial nas primeiras duas décadas da vida, a deposição óssea ocorre em maior velocidade do que a reabsorção (MALINA; BOUCHARD, 2002; SAGGESE; BARONCELLI; BERTELLONI, 2002). Entre a segunda e terceira década de vida, estima-se que o ser humano já adquiriu 90% da sua massa óssea (RECKER, 1992).

A aquisição de massa óssea segue padrões específicos ao longo das idades e para cada um dos sexos, não obstante, ambos possuem um período chamado de pico de massa óssea, que se dá, na maioria dos casos na terceira década de vida (HENDRICKX; BOUDIN; VAN HUL, 2015; SANTOS; ELLIOTT-SALE; SALE, 2017). Após esse período há um equilíbrio na ação de deposição e reabsorção óssea. Todavia com o avançar da idade a reabsorção óssea tende a ocorrer em maior quantidade do que a deposição óssea, o que naturalmente torna os ossos mais frágeis. Em mulheres, esse processo torna-se mais acentuado após a menopausa, devido à uma forte influência das ações hormonais. Esse processo de desenvolvimento ósseo ao longo do ciclo vital é demonstrado na figura 1.

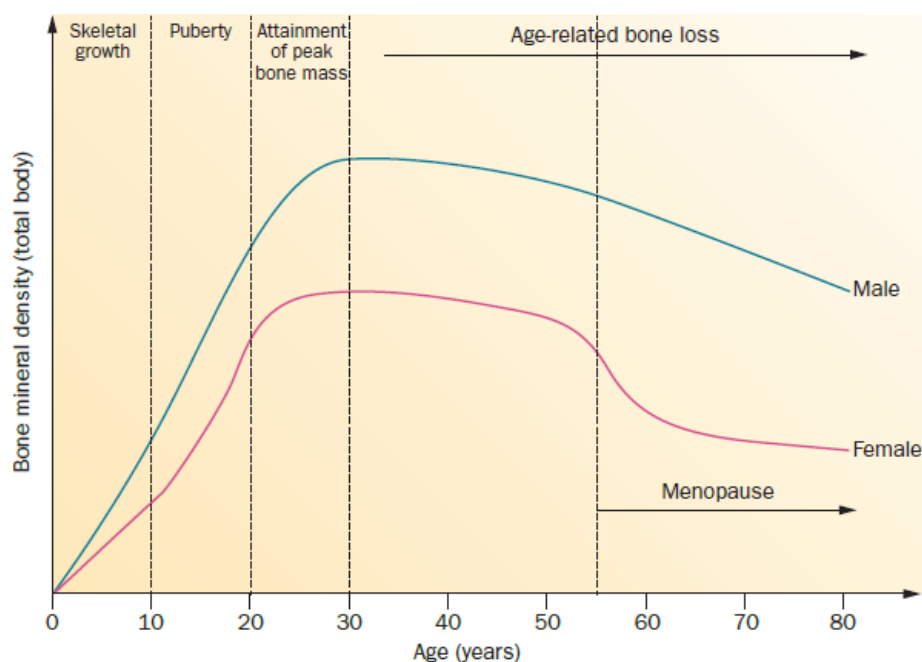


Figura 1. Visão geral dos valores de DMO durante a vida, indicando a importância do pico de massa óssea e a subsequente taxa de declínio da DMO no desenvolvimento da osteoporose primária. O pico de massa óssea é atingido entre as idades de 20 e 30 anos. Quanto menor o valor máximo de DMO, maior o risco de fragilidade óssea mais tarde na vida. Além disso, fatores relacionados à idade - como menopausa nas mulheres, influências no estilo de vida e antecedentes genéticos do indivíduo - também determinarão o risco de fratura osteoporótica. Abreviação: DMO, densidade mineral óssea. Título da figura traduzido de (HENDRICKX; BOUDIN; VAN HUL, 2015).

Dentre as principais doenças ósseas a osteoporose é a mais frequente (MORRIS *et al.*, 2019). Essa doença é caracterizada pela diminuição da densidade mineral óssea, o que acarreta em um enfraquecimento ósseo acentuado, maior suscetibilidade a fraturas por fragilidade (HERNLUND *et al.*, 2013) e também maiores riscos de mortalidade (KLOP *et al.*, 2017). O evento mais recorrente associado à osteoporose é a fratura de quadril (LEWIECKI *et al.*, 2018), em especial do colo do fêmur. Essa fratura é responsável pelo aumento de três vezes mais risco de mortalidade - em até 1 ano após a fratura - quando comparado com aqueles com osteoporose, mas sem fratura (KLOP *et al.*, 2017; PANULA *et al.*, 2011). A partir da compreensão desse processo, diversos pesquisadores apontam que o pico de massa óssea (maior ou menor) pode influenciar fortemente no processo de desenvolvimento ósseo associado à idade e, portanto, pode interferir no risco de fraturas e fragilidade óssea, principalmente associados à osteoporose.

1.3.2.2 Aptidão física e saúde óssea

Pontos chave

- Exercício físico, sobretudo as diferentes modalidades esportivas, na infância e adolescência estimulam o desenvolvimento ósseo.
- Otimizar o pico de massa óssea em jovens parece ser a melhor estratégia para a promoção da saúde óssea em longo prazo.
- A força e a potência muscular estão fortemente relacionadas ao conteúdo e densidade mineral óssea. A agilidade e a velocidade possuem evidências promissoras de associação também.

A aquisição de massa óssea durante a adolescência está relacionada há diversos fatores, como por exemplo, fatores genéticos (SLEMENDA *et al.*, 2009), maturacionais (THEINTZ *et al.*, 1992), etnia (BACHRACH *et al.*, 1999) e o estilo de vida (BACHRACH, 2001; BAILEY *et al.*, 1999). Todavia, no período de maturação, há evidências de que os hormônios sexuais sejam importantes moduladores da massa óssea (SILVA *et al.*, 2011), sugerindo um efeito do estrogênio no osso trabecular (ARABI *et al.*, 2004; YILMAZ *et al.*, 2005). Dessa forma, presume-se que otimizar o pico de massa óssea, isso é, fazer com que o pico de massa óssea tenha mais quantidade de massa óssea do que normalmente teria, na infância e adolescência pode ser a principal estratégia para compensar o declínio de densidade óssea associada ao avanço da idade. Estas hipóteses indicam que esta otimização pode reduzir o risco de fraturas e fragilidade óssea associada à osteoporose (WEAVER *et al.*, 2016).

Neste sentido, as principais evidências que apontam a relação entre as variáveis da aptidão física e os indicadores de saúde óssea são as demonstrações de relação entre indicadores como o conteúdo e a densidade mineral óssea e a prática esportiva ou atividade física e os estudos experimentais (que serão tratados no próximo tópico desta revisão). Sobre a prática esportiva, há um volume alto de evidências voltadas às lutas (COSTA *et al.*, 2020; ITO *et al.*, 2016; KIM *et al.*, 2013; NASRI *et al.*, 2015; PROUTEAU *et al.*, 2006). Todavia alguns estudos demonstram que crianças e adolescentes praticantes de voleibol (CHAARI *et al.*, 2013), basquetebol (AGOSTINETE *et al.*, 2016), natação (DERMAN *et al.*, 2008), badminton (TERVO; NORDSTRÖM; NORDSTRÖM, 2010), dentre outros esportes

(ANDREOLI *et al.*, 2001) possuem a densidade mineral óssea mais elevada em relação aos seus pares não praticantes.

Alguns autores atribuem os ganhos de massa óssea aos impactos (estímulos osteogênicos causados pela força de reação e pela ação intensa dos músculos) gerados por algumas modalidades esportivas (BOREHAM; MCKAY, 2011; CADORE; BRENTANO; KRUEL, 2005). Estes impactos, muito presentes em lutas e esportes com saltos rotineiros como o voleibol e handebol, são fortes estímulos osteogênicos, entretanto, estes estímulos têm seus principais efeitos – em termos de densidade e geometria óssea - em regiões específicas do corpo (HIND; BURROWS, 2007). Ademais, esta especificidade parece estar relacionada diretamente ao tipo e o tempo da atividade praticada (BIELEMANN *et al.*, 2019).

O estudo de Ito *et al.* (2016) demonstrou que adolescentes praticantes de kung-fu possuíam maior densidade mineral óssea na coluna lombar, já os judocas possuíam maior densidade nos membros inferiores. Os autores atribuem seus achados a dois fatores: 1) o impacto gerado pelos golpes de ataque e defesa dos dois estilos de lutas e 2) a sobrecarga causada pela grande quantidade de força muscular usada durante os treinamentos. Neste mesmo sentido o estudo de Derman *et al.* (2008) apontou que nadadores (adolescentes) possuem um aumento de conteúdo mineral ósseo nos membros superiores após um volume de treino considerado pelos autores como alto. Este incremento foi atribuído à potência/força exercida pelos músculos.

Estas conclusões são corroboradas pelos estudos de Seabra *et al.* (2012), Nasri *et al.* (2013), Clark *et al.* (2011) e Snow-Harter *et al.* (2009). No estudo de Seabra *et al.* (2012) os autores demonstram que a força muscular dos extensores do joelho está associada à densidade e conteúdo mineral ósseo em todos os locais corporais de crianças e adolescentes futebolistas. Todavia, ao se tratar desta amostra específica, estes resultados podem estar influenciados pelo treinamento de futebol, que não afeta apenas os extensores de joelho.

Já no estudo de Clark *et al.* (2011) o maior risco observado de fraturas foi em crianças com baixa força muscular. Em adolescentes mais velhos estas relações também foram evidenciadas. No estudo de Nasri *et al.* (2013), por exemplo, os autores reportam que a força de pressão manual é um forte preditor de densidade mineral óssea em adolescentes mais velhos, atletas de lutas. Os autores ainda destacaram uma correlação moderada da força de pressão manual e da potência de

membros inferiores com a densidade da coluna vertebral. Neste sentido o estudo de Snow-Harter *et al.* (2009) indicou que a força muscular é um preditor independente da densidade mineral óssea, responsável por cerca de 15-20% da variância total da densidade óssea das mulheres jovens.

Em uma revisão de literatura, Smith *et al.* (2014) indicam que a aptidão muscular está significativamente relacionada à indicadores ósseos. Todavia alguns estudos incluídos na revisão de Smith *et al.* (2014) indicaram que as alterações na aptidão muscular não estão relacionadas com as mudanças nos indicadores ósseos. Não obstante, outra revisão de literatura investigou os efeitos de intervenções com saltos (exercícios pliométricos) em crianças e adolescentes. Suas conclusões indicam que as intervenções que obtiveram sucesso em termos de ganhos de potência muscular apresentaram incrementos tanto em conteúdo quanto em densidade mineral óssea. Alguns estudos relataram também modificações significativas nas propriedades estruturais dos ossos (geometria óssea) (GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2017).

Os resultados apresentados até aqui sugerem que ainda há pouca compreensão sobre as associações entre as variáveis da aptidão física e indicadores de saúde óssea, entretanto são promissores ao apontar alguns direcionamentos. A força muscular e a potência muscular são capacidades físicas que parecem estar associadas, como preditores, do conteúdo e densidade mineral óssea de adolescentes.

Nessa perspectiva, um estudo recente (GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2020) investigou a associação entre a aptidão física e indicadores de saúde óssea em uma amostra de 3000 crianças espanholas com idade entre três a cinco anos. Os resultados indicaram que a força muscular relativa, de membros superiores e inferiores, e a velocidade/agilidade previram todas as variáveis ósseas medidas, exceto a densidade mineral óssea volumétrica. Os autores ainda apontam que os resultados de aptidão física global são determinantes para a estrutura e força óssea e que conseqüentemente, a realização de testes de aptidão física poderia fornecer informações úteis relacionadas à saúde óssea em pré-escolares.

Em síntese, alguns estudos sugerem fortemente que a aptidão muscular na infância, principalmente relacionada à potência e força, está relacionada a uma boa saúde óssea (GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2017, 2020; GRACIA-MARCO *et al.*, 2011; HENRIQUES-NETO *et al.*, 2020; JANZ *et al.*, 2015; KEMPER *et al.*, 2000). Apesar

de haver um número menor de evidências, alguns estudos indicam a relação entre a velocidade, a agilidade e a saúde e desenvolvimento dos ossos em crianças e adolescentes (GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2020; HENRIQUES-NETO *et al.*, 2020). Portanto os apontamentos dos diferentes autores indicam a necessidade de melhores estratégias para avaliação da aptidão física quando se trata de saúde óssea.

Além dessas evidências, parece ser consenso, conforme aponta uma revisão sistemática de posicionamento institucional (WEAVER *et al.*, 2016) que otimizar o pico de massa óssea em jovens é a melhor estratégia para a promoção da saúde óssea em longo prazo. Os diferentes posicionamentos indicam que a fase da infância e adolescência pode ser crucial para o desenvolvimento ou manutenção de níveis adequados de densidade mineral óssea. Neste sentido, inúmeras pesquisas de intervenção com aptidão física vêm sendo realizadas para testar os efeitos nos indicadores de saúde óssea e poder estabelecer uma relação de causa e efeito. É sobre estas pesquisas que o próximo texto desta revisão de literatura discorre.

1.3.3 Exercise in school Physical Education increase bone mineral content and density: a meta-analysis

Júlio B. Mello^a, Augusto Pedretti^a, Antonio García-Hermoso^b, Clarice M. L. Martins^c, Anelise R. Gaya^a, Michael J. Duncan^d, Adroaldo C. A. Gaya^a

Affiliations: ^aUniversidade Federal do Rio Grande do Sul; ^bNavarrabiomed, Complejo Hospitalario de Navarra; ^cUniversidade Federal da Paraíba; and ^dCoventry University

Address correspondence to: Júlio Mello, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Post Graduate Program in Human Movement Science, Felizardo Street, 750, code post: 90690-200, Porto Alegre, Brazil. [juliobmello@hotmail.com] Telephone: +55051985486380.

Short title: Physical education and bone health: a meta-analysis

Conflict of Interest Disclosures: The authors have no conflicts of interest relevant to this article to disclose.

Funding/Support: No external funding.

Financial disclosure: The authors have indicated they have no financial relationships relevant to this article to disclose.

Abbreviations:

BMC – Bone mineral content

BMD – Bone mineral density

aBMD – Areal bone mineral density

PE – Physical education

PRISMA – Preferred Reporting for Systematic Review and Meta-Analysis

PROSPERO – International Prospective Register of Systematic Review Database

DeCS – Descriptors in health sciences

Mendeley – Reference Management Software and Researcher Network

GOfER – Graphical Overview for Evidence Reviews

SMD – Standardized mean differences

CI – Confidence interval

RCT – Randomized controlled trial

DXA – Dual-energy X-ray absorptiometry

Table of Contents Summary: This meta-analysis provides insights into the effectiveness of interventions aimed at optimizing PE on bone mass in youth, suggesting type, volume and intensity of activities.

Abstract

Context: Increasing bone mass accumulation during adolescence is considered an effective way to prevent osteoporosis and maintain bone health in adulthood.

Objective: To evaluate the effectiveness of interventions aimed at optimizing physical education (PE) on the bone mineral content (BMC) and density (BMD) of children and adolescents.

Data sources: A computerized search using from four databases (PubMed, Science Direct, Web of Science and Scopus) to select studies published through 2019 December.

Study selection: The analysis was restricted to school-based studies that examined the effect of PE interventions on BMC and BMD in youths (<18 years old).

Data Extraction: Standardized mean differences (SMD) with 95% confidence interval (CI) and random effects models were calculated. The heterogeneity of the studies was estimated using Cochran's Q-statistic.

Results: Twenty-two studies with 2,556 participants were selected. PE were associated with a significant increase in BMC (SMD=1.348; 95%CI, 1.053-1.643) and BMD (SMD=0.640; 95%CI, 0.417-0.862). Femoral neck subgroup analysis indicate an increase in BMC for boys (SMD=1.527; 95%CI, 0.990-2.065) and girls (SMD=1.270; 95%CI, 0.782-1.767), and in BMD for boys (SMD= 0.518; 95%CI, 0.064-0.972) and girls (SMD=0.817; 95%CI, 0.349-1.284). Finally, increases are reported in the lumbar spine BMC for boys (SMD=1.860; 95%CI, 1.018-2.700) and girls (SMD=1.275; 95%CI, 0.782-1.767).

Limitations: There was the role of potential confounders in the meta-analysis (e.g. maturation level).

Conclusions: This meta-analysis provides insights into the effectiveness of interventions aimed at optimizing PE on bone mass in youth, suggesting that interventions increase BMD and BMC, especially in the femoral neck and lumbar spine, in youth.

INTRODUCTION

Childhood and adolescence are a critical period for bone development. Evidence indicates that 50% of bone mass in adults are accumulated during this phase^{1,2}. A longitudinal study² showed that the peak of bone mass occurs by the end of the second life decade and this period are critical times for bone mineral acquisition in both males and females because, in total, this represents double the amount of bone mineral that will be lost subsequently from 50 to 80 years of age.

In this sense, increasing bone mass accumulation during childhood and adolescence, especially during the peak of bone mass phase, is considered an effective way to prevent osteoporosis and maintain bone health in adulthood³⁻⁵. Furthermore, approximately 20% of peak bone mass acquisition depends on environmental and lifestyle factors, such as physical activity, nutrition or physical fitness and sex hormone levels during puberty^{6,7}.

In this context, school settings may be important for the accomplishment of physical activities, once it is a policy-oriented environment to encourage healthy behaviours. Therefore, to include in Physical Education (PE) classes exercises designed to assure efforts whose duration and intensity are conducive to the increase of bone mass could be an important strategy for the health promotion⁸.

Interventions with children and adolescents to minimizing decrease bone mass risk factors in adult life (tracking) has been proposed⁹⁻¹². In addition to PE classes, the ingestion of calcium and D-vitamin, and hormonal factors¹³⁻¹⁶ appear to be potential approaches to increase peak bone mass for this age group¹⁷⁻¹⁹.

In the case of PE, a recent scoping review²⁰ identified some studies that implemented different osteogenic-exercises in school PE classes. An example of this is the study carried out by McKay et al. (2005)²¹ in which proposed the "Bounce at the Bell", 10 countermovement jumps, 3 times per day (bells). Larsen et al. (2018)²² proposed 40 minutes of 3-on-3 football, basketball and hockey, 3 days per week, and MacKelvie et al. (2001)²³ the inclusion of 10-12 minutes session of high-impact jumps in PE classes, 3 times per week. These aforementioned studies have different aims in the interventions, furthermore, the outcomes evaluated are bone mineral content (BMC) and bone mineral density (BMD) in different anywhere in the body, such as the hip, spine, femoral neck, lumbar vertebrae, radius and calcaneus.

Despite this and the abundance of studies focusing on bone development in different contexts, the potential utility of PE for enhancing bone health has seemingly been ignored in the literature to date. To our knowledge, no systematic review and meta-analysis has been conducted to examine the association of interventions in PE with health-related bone outcomes. Without these evidence-based recommendations to improve children's bone health cannot be provided for teachers or public health professionals. Therefore, this systematic review and meta-analysis aimed to evaluate the effectiveness of interventions designed at optimizing PE on the BMC and BMD of children and adolescents.

METHODS

Protocol and Registration

This systematic review is in agreement with the Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis (PRISMA) guideline²⁴ and registered in the

International Prospective Register of Systematic Reviews database (PROSPERO) under number CRD42018080311.

Bibliography research

The research was conducted using the online electronic databases PubMed, Science Direct, Web of Science and Scopus. No study date or participant demographic restrictions were imposed on the search criteria to ensure literature saturation. The search was conducted in 2018 July and actualized in 2019 December. The search strategy was concentrated in terms of (i) effects of school-based interventions, (ii) physical education, (iii) BMD and BMC and (iv) children and adolescents (<18 years of age). The four elements were linked by the Boolean operators AND and OR.

For the search procedure, we used the Descriptors in Health Sciences (DeCS): clinical trial; exercise; bone density; child; and adolescent. For the search procedure, the following sequences used for the search strategy in this order: (a) (((("clinical trial") AND (exercise)) AND "bone density") AND (child OR Adolescents)); (b) (((exercise) AND "bone density") AND (child OR adolescents)); (c) ((exercise) AND "bone density").

The "a" sequence was use in all databases. If there were no articles selected (result = 0) the sequence "b" was used, as well as later on "c" if there was a need. The searches were export in "bib" format files, which allowed the data to be imported and organize into the free Reference Management Software & Researcher Network (Mendeley) program.

Inclusion criteria (Eligibility)

Studies were included when the following criteria were meet: (i) school-based studies with a randomized clinical trials (RCT) or quasi or pre-experimental design (non-RCT) in which the control group received no structured type of physical exercise (just included the usual care or regular school curriculum); (ii) interventions characterized by including some physical exercise in PE class or in addition to PE class with objectives for gaining muscular strength, power, velocity, endurance or agility; (iii) study conducted in healthy (i.e. no obese, disabilities, diagnosed medical condition) children or adolescents aged <18 years old; (iv) an assessment of at least one of the following variables: BMC or BMD in anywhere in the body; and (v) articles published in English, Portuguese or Spanish.

Selection process

Initially, the reviewers (J.M.) and (A.P.) identified through the title/abstract the articles obtained through the search based on the inclusion criteria. Then, the complete articles were screen and the exclusion criteria were applied. A third reviewer (A.G.) was request in case of divergence between the first two reviewers. In these cases, reviewer A.G. made a final decision on eligibility.

Extraction of data

Data extraction was performed in a spreadsheet, in which information was grouped into four domains: (i) descriptive data (sample size, mean age and sex); (ii) methodological (type and quality of the study); (iii) main effects found and (iv) main aspects of the intervention (types of exercises, intensity, volume and intervention period). If data could not be obtained from the full text or if clarification was required, authors were contacted by one reviewer. If sufficient data could not be obtained for a study, the study was excluded. To present the synthesis of study characteristics we use of the Graphical Overview for Evidence Reviews (GOfer) software²⁵.

Risk assessment of bias

Two reviewers (J.M and A.P.) performed the bias risk assessments and in case of disagreement in the final evaluation, a new evaluation was performed by the third reviewer (A.G.) followed by discussion for a consensus.

For the quality assessment of studies, we used the Delphi List²⁶ as described by Verhagen et al. (1998)²⁶, which includes eight questions with three response options 'yes', 'no', or 'do not know' depending on the compliance with key methodological components, and produces a quality score that provides an overall estimate of study quality.

Data analysis

The pooled effect estimates were computed from the change scores between the baseline and the end of intervention, their SDs, and the number of participants. Data from intention-to-treat analyses were entered whenever available in the included studies. The authors were contacted through e-mails for unreported data, and if no answer returned or if the data requested were not available, the studies were excluded.

The results are presented as standardized mean differences (SMD – a measure of effect, recommended to be used when the study report efficacy of an intervention on continuous measurements, especially in cases of different methods of

measurement) and calculations were performed using random effects models. Each study was deleted from the model once in order to analyse the influence of each study on the overall results. In addition, a stratified exploratory analysis was performed using the same procedures as the main analysis, comparing the design type (RCT and non-RCT).

Statistical heterogeneity of treatment effects among studies was evaluated by Cochran's Q-statistic and the I² inconsistency test; it was considered that values >50% indicated high heterogeneity²⁷. Forest plots were generated to present the pooled effect and the SMD with 95% confidence intervals (CIs). Statistical significance was set at a p-value < 0.05. All analyses were performed using Comprehensive Meta-Analysis Software V.2.

RESULTS

Study selection

Using the search protocol, we identified 370 potentially eligible articles. Of these, 249 were excluded on the basis of title and abstract. Further, one hundred and eight full text articles were identified as eligible (read in full). Of those, 86 articles were excluded for different reasons presented (Figure 1). Therefore, 22 studies were included in the systematic review and 21 in the meta-analysis.

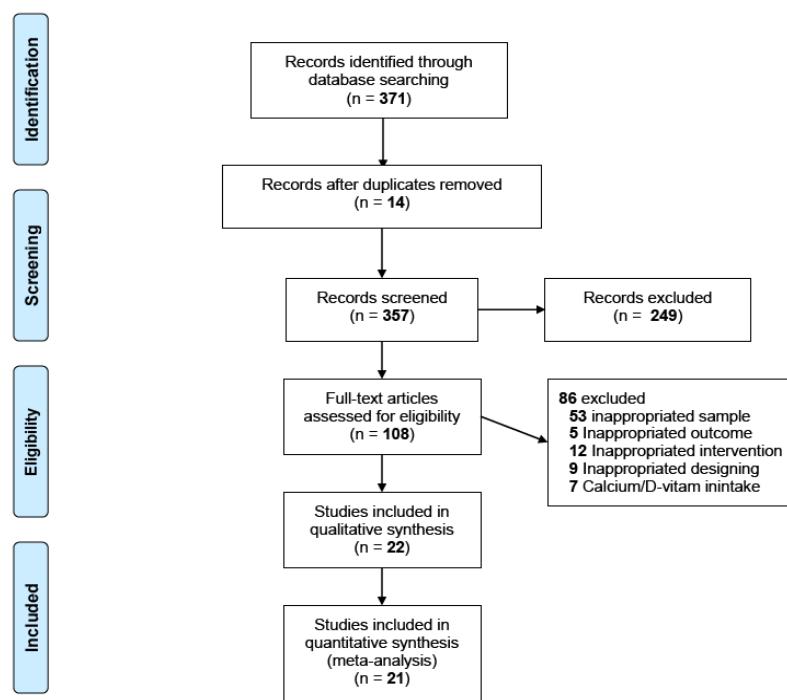


Figure 1. PRISMA Flow Diagram.

Study characteristics

Complete details regarding study characteristics are given in Figure 2. Several included studies originated from the same research project, so, they were described together in some sections. Seven studies are from POP study^{28–34}, six studies are from the same project, but did not have a specific project title^{23,35–39}, two studies are from the ASIBC project^{40,41} and two studies are from the BUGSY study^{42,43}. The other studies in the review are from different projects.

Data of 2,556 schoolchildren were analysed in experimental groups (1,297 boys, 1,197 girls and 62 children without sex identification). The controls groups had a total sample of 1842 (804 boys, 957 girls and 81 children without gender identification). Some studies presented results from the same research project, making it clear that the same subjects are described in more than one study. The subjects' ages ranged from 6.8 to 11 years old at the baseline. However, one of the main characteristics is that all studies evaluated and controlled the data analysis by the maturational level of the subjects. Twenty-one studies evaluated maturation by Tanner stages and one study using maturity offset proposed to Mirwald et al. (2002)⁴⁴.

Bone mineral content and density measurement

The main variables assessed in all studies were BMC in grams, BMD (g/cm^3) and aBMD (areal BMD in g/cm^2), in this study both are described as BMD. The whole body was scanned in all studies, but different parts of the body were evaluated, such as, spine, lumbar spine, L3 vertebra, total body, femoral neck, trochanter, total body less head, proximal femur, narrow neck, distal forearm, calcaneus and distal radius.

Twenty studies^{22,23,36–39,42,43,45–48,28–35} assessed bone mass by dual-energy X-ray absorptiometry - DXA [(DPX-L version 1.3z; Lunar®, Madison, WI); (Hologic QDR/4500-A; Hologic, Inc., Waltham, MA, USA); (Luna Pixi, software version: 1.4 CDMDD); (XR800, Norland Medical Systems, USA); and (Hologic Discovery QDR Series; Hologic Inc., Bedford, MA, USA)]. Seven studies^{32–34,40,41,45,47} assessed bone mass by peripheral quantitative computed tomography - pQCT [(XCT 2000, Stratec, Pforzheim, Germany); (XCT-3000, Stratec Medizintechnik GmbH, Pforzheim, Germany) for main measurement or additional assessments.

Characteristics of interventions

Complete details regarding interventions are given in Figure 2. The main characteristic of the intervention programs was the insertion of a period of the PE

class with activities of high or moderate-intensity (8 to 20 minutes) or an increase of the weekly volume of physical education classes (3 to 5 times per week) and the standard physical education classes used in the school curriculum (30-50 minutes).

Eight studies^{28–34,46} offered an intervention program based on physical activities normally included in the school curriculum (e.g., running, jumping, climbing ropes and playing various ball games). Eleven studies^{23,35,48,36–39,42,43,45,47} included exercise programs during, before or after class. These programs involved weight-bearing exercises mainly (e.g., jumping, core movements, coordination and skill activities). Two studies^{40,41} increased physical activity opportunities for children throughout the school day (e.g., jumping, dancing and playground activities). And one study²² used small-sided ball games.

Risk of Bias

Fourteen included studies satisfied at least 50% of the quality criteria (four or more quality criteria; Figure 2). Randomization criteria were conducted for 14 studies and 20 studies described the eligibility criteria and presented similar results in the baseline. Just three studies conducted the intention-to-treat analysis. In addition, each question for all studies is described in supplement 1. There was a significant publication bias in all analysis (all subgroups), as evidenced by I^2 and Cochran's Q-statistic results.

Change in bone mineral density and bone mineral content

General descriptions

There was a difficulty in quantifying the effects since the studies did not have standardization of the evaluated corporal follow-up. There is too the fact that many studies evaluated different body sites and because this was no possible do the meta-analysis in some body sites. BMC was reported in the majority of studies in addition to BMD. For boys and girls, the femoral neck and lumbar spine were reported in the vast majority of studies, giving data relating to BMC as well as to BMD. Because of this, the BMC in all body sites, femoral neck (BMC and BMD) and lumbar spine (BMC) were the only variables where data were sufficient to conduct a meta-analysis. Figure 2 shows the reported effect of each intervention (just significant or not changes). In the results, the effect size is not presented as authors of each study only presented mean differences between pre and post-test or between experimental and control groups. The figure 2 is presented in the next page.

Study characteristics										Characteristics of interventions							Quality of studies							Reported results																		
Non-randomised			Randomised Controlled Trial			min/max		mean - SD																BMD			BMC															
Project	Study	Participants	Design	Age			Months	Days/week (time)			Activities (in addition to PE class)	Intensity																														
				7	8	9	10	11	10	30	50+	1	2	3	4	5																										
POP	Valdimarsson et al. 2006	N= 103	PE 53 Control 50	♀						12						(40 min)	Physical activities normally included in the curriculum of Swedish school physical education, such as running, jumping, climbing ropes and playing various ball games.	↑↑	✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○						
	Alwis et al. 2008	N= 103	PE 53 Control 50	♀						12						(40 min)			✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○															
	Lofgren et al. 2011	N= 223	PE 76 Control 55 PE 48 Control 44	♂							36					(40 min)			✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○			○	○	○	○	○	○	○	○					
	Lofgren et al. 2012	N= 221	PE 73 Control 52 PE 48 Control 48	♂							48					(40 min)			✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○			○	○	○	○	○	○	○	○					
	Detter et al. 2013	N= 221	PE 73 Control 52 PE 48 Control 48	♂							60					(40 min)			✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
	Detter et al. 2014	N= 295	PE 111 Control 54 PE 78 Control 52	♂							72					(40 min)			✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
	Fritz et al. 2016	N= 264	PE 100 Control 47 PE 72 Control 45	♂							84					(40 min)			✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○					
No-name project (Canada)	McKay et al. 2000	N= 144	PE 53 Control 50	♂♀						8					(30 min)	Teachers chose an activity from a variety of games, circuit training, or dances	↑↑	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	?	○	○	○	●													
	MacKelvie et al. 2001	N=177	PE 44 Control 26 PE 43 Control 64	♀	prepubertal	early pubertal					7				(10-12 min)			✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○						
	MacKelvie et al. 2002	N= 121	PE 61 Control 60	♂							7				(10-12 min)	A progressive program of various weight-bearing exercises during physical education classes. The circuit included five different jump activities, with ground reaction forces ranging from 3.5 to 5 times body weight.	↑↑↑↑	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
	Petit et al. 2002	N= 177	PE 44 Control 26 PE 43 Control 64	♀	prepubertal	early pubertal					7				(10-12 min)			✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓			○	○													
	MacKelvie et al. 2003	N= 75	PE 32 Control 43	♀							20				(10-12 min)			✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○					
	MacKelvie et al. 2004	N= 64	PE 31 Control 33	♂							20				(10-12 min)			✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○					
ASIBC	Macdonald et al. 2007	N= 410	PE 145 Control 64 PE 136 Control 65	♂						16				(15 min)	Activities include jumping, dancing, endurance exercise circuits, and playground activities. In the Bounce at the Bell children perform small high impact jumps 3 times a day.	↑↑	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓				○														
	Macdonald et al. 2008	N= 410	PE 151 Control 62 PE 142 Control 55	♂						16				(15 min)			✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	○	●	○		○	○	○	○	○	○	○	○						
BUGSY	Fuchs et al. 2001	N= 89	PE 25 Control 26 PE 20 Control 18	♂						7				(20 min)	5 min warm-up, 10 min jump, and a 5 min relaxation. The program was progressively to achieve a maximum of 100 unilateral jumps per session by the fifth week.	↑↑↑↑	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	○	○			○	○												
	Fuchs et al. 2002	N= 74	PE 21 Control 23 PE 16 Control 14	♂						14				(20 min)			✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	○				○	○												
Hasselstrom et al. 2008	N= 408	PE 135 Control 62 PE 135 Control 76	♂							36				(45 min)	Physical education class (Danish school curriculum); Modernization with new playgrounds and gym facilities	↑	✓	✓	?	?	?	✓	✓	✓	○				○													
Nogueira et al. 2014	N= 18	PE 12 Control 6	♀							9				(10 min)	Specific capoeira movements (Brazilian fight); jumps; hop; folds jumps; leaping squats; star jumps; wagon wheels.	↑↑↑↑	✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	○	○	○		○	○												
Bernardoni et al. 2014	N= 44	PE 22 Control 22	♀							7				(8-12 min)	Floor and resistance exercises, using body weight, manual weights, and resistance bands to provide progressive overload.	↑↑↑↑	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	○	●	○		○	○													
Larsen et al. 2016	N= 295	SSG 46 PE 43 Control 55 PE 40 SSG 50 Control 61	♂							10				(40 min)	SSG: 3v3 football (75% of training sessions) 3v3 basketball and unihockey (floorball) CST: jumps - sit-ups - push-ups - dynamic exercises static strength training using upper and lower body and core	↑↑↑↑	✓	✓	✓	?	?	✓	✓	✓	○	○			○	○												
Daly et al. 2016	N= 727	PE 206 Control 159 PE 192 Control 170	♂							24	48				(50 min)	Core movements, coordination and agility, skill activities, movement and game challenges, and dynamic movement control.	↑↑	✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	○	○			○	○											

✓ Yes
 ✗ No
 ? Do not know
 ○ No-significant effect
 ● Significant effect

Meta-analysis results

Compared with the control conditions, PE interventions were associated with a significant increase in BMC and BMD. For gender, subgroup analysis revealed that boys' presents more increase than girls do in BMC and compared with overall results. These analyses also revealed that girls present more increase in BMD than boys and overall results (Table 1).

Table 1. Synthesis of Pooled Results

Outcomes	No. of studies (n)	SMD (95% CI)	p-value	I ²	Q statistic p-value
General effects					
BMC	20 (3721)	1.348 (1.053-1.643)	0.000	96.07	0.000
BMD	14 (2690)	0.640 (0.417-0.862)	0.000	90.45	0.000
Subgroup: Boys					
BMC	13 (1679)	1.446 (0.969-1.923)	0.000	96.67	0.000
BMD	9 (1303)	0.423 (0.142-0.704)	0.003	87.46	0.000
Subgroup: Girls					
BMC	18 (2217)	1.283 (0.901-1.665)	0.000	95.64	0.000
BMD	13 (1666)	0.791 (0.458-1.125)	0.000	91.84	0.000

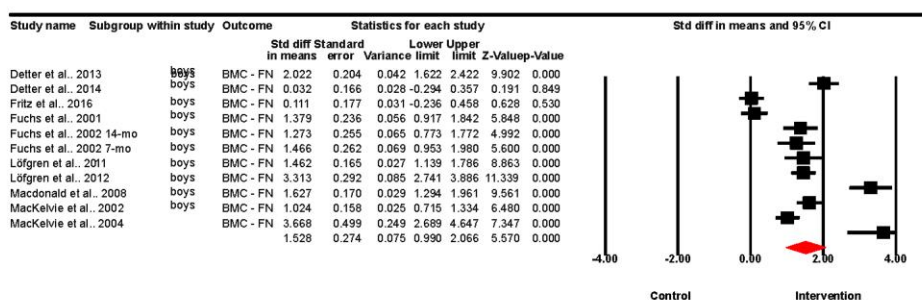
n: number of studies; SMD: standardized mean difference; 95% CI: confidence interval of 95%; BMC: bone mineral content; BMD: bone mineral density.

The exploratory analysis showed that the global effect stays the same when stratified by RCTs and non-RCTs. In the RCTs, the effect for BMC was a significant increase (SMD = 1.481; 95% CI, 1.123 to 1.838; p<0.001) and at BMD too (SMD = 0.621; 95% CI, 0.379 to 0.863; p<0.001). In the non-RCTs the effect was a significant increase at BMC (SMD = 1.077; 95% CI, 0.541 to 1.613; p<0.001) and at BMD (SMD = 0.685; 95% CI, 0.159 to 1.210; p<0.001). In these analyses, heterogeneity remained high (i² > 90%).

The subgroup analysis for different parts of the body indicates that for boys' femoral neck was available from 11 studies for BMC and 6 for BMD (Figure 3). PE interventions were associated with a high increase in femoral neck BMC compared with no intervention (SMD= 1.527; 95% CI, 0.990 to 2.065; p<0.001). There was high heterogeneity (I² =94%) and the analysis of publication bias for this outcome showed significant bias (p<0.001). Data concerning femoral neck BMD indicated that PE interventions were associated with an increase too (SMD= 0.518; 95% CI, 0.064 to 0.972; p=0.025) and there

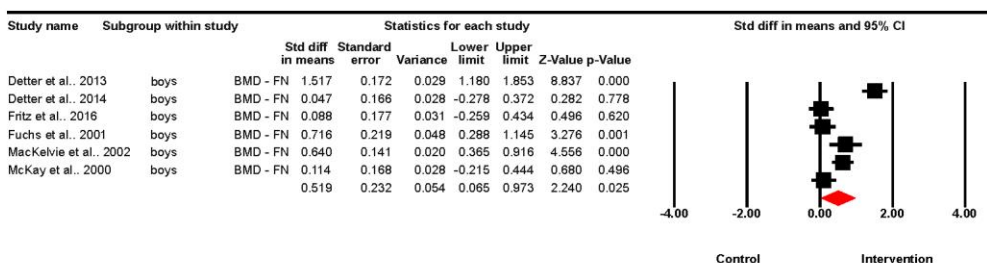
was high heterogeneity ($I^2 = 90\%$) and the analysis of publication bias for this outcome showed significant bias ($p < 0.001$).

A



Meta Analysis

B

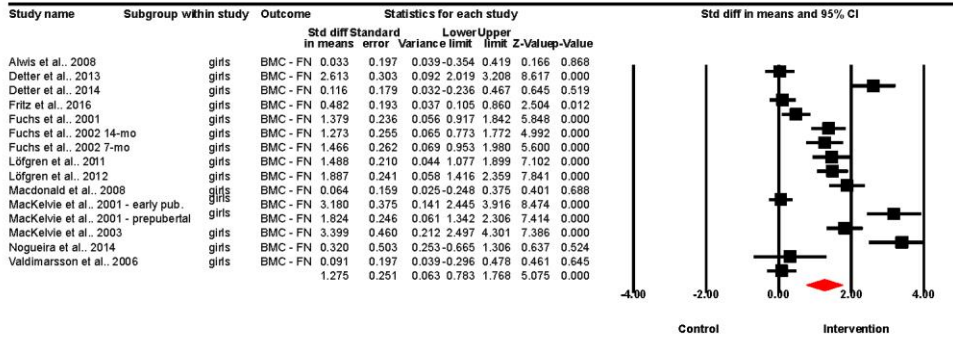


Meta Analysis

Figure 3. Standardized mean differences in boys femoral neck bone mineral content (g) (A) and density (g/cm^2) (B) promoted by physical education and control (no intervention). CI indicates confidence interval; Std diff, standardized difference.

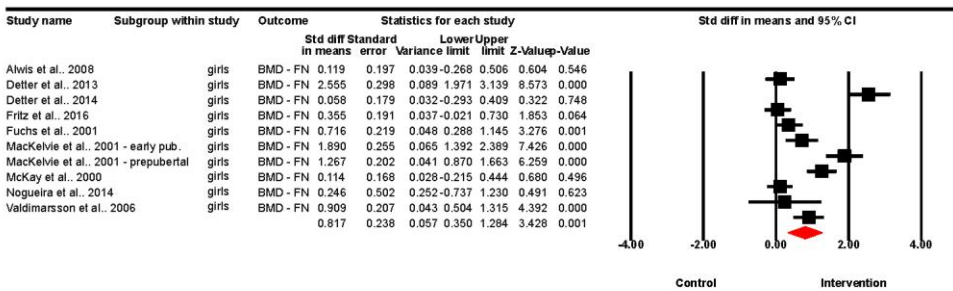
The analysis for girls' femoral neck was available from 13 studies for BMC and 9 for BMD (Figure 4). PE interventions were associated with an increase in femoral neck BMC compared with no intervention (SMD= 1.27; 95% CI, 0.782 to 1.767; $p < 0.001$). There was high heterogeneity ($I^2 = 94\%$) and the analysis of publication bias for this outcome showed significant bias ($p < 0.001$). Data concerning femoral neck BMD indicate that PE interventions were associated with an increase too (SMD= 0.817; 95% CI, 0.349 to 1.284; $p < 0.001$) and there was high heterogeneity ($I^2 = 91\%$) and the analysis of publication bias for this outcome showed significant bias ($p < 0.001$).

A



Meta Analysis

B



Meta Analysis

Figure 4. Standardized mean differences in girls femoral neck bone mineral content (g) (A) and density (g/cm²) (B) promoted by physical education and control (no intervention). CI indicates confidence interval; Std diff, standardized difference.

The analysis concerning lumbar spine BMC was available from 7 studies for boys and 8 for girls (Figure 5). PE interventions were associated with an increase in lumbar spine BMC compared with no intervention for boys (SMD= 1.860; 95% CI, 1.018 to 2.700; p<0.001) with high heterogeneity (I² =96%) and a significant bias (p<0.001). For girls, the result showed an increase too (SMD= 1.275; 95% CI, 0.782 to 1.767; p<0.001) with high heterogeneity (I² =94%) and a significant bias (p<0.001). Conducting analysis for lumbar spine BMD was not possible due to a lack of sufficient studies.

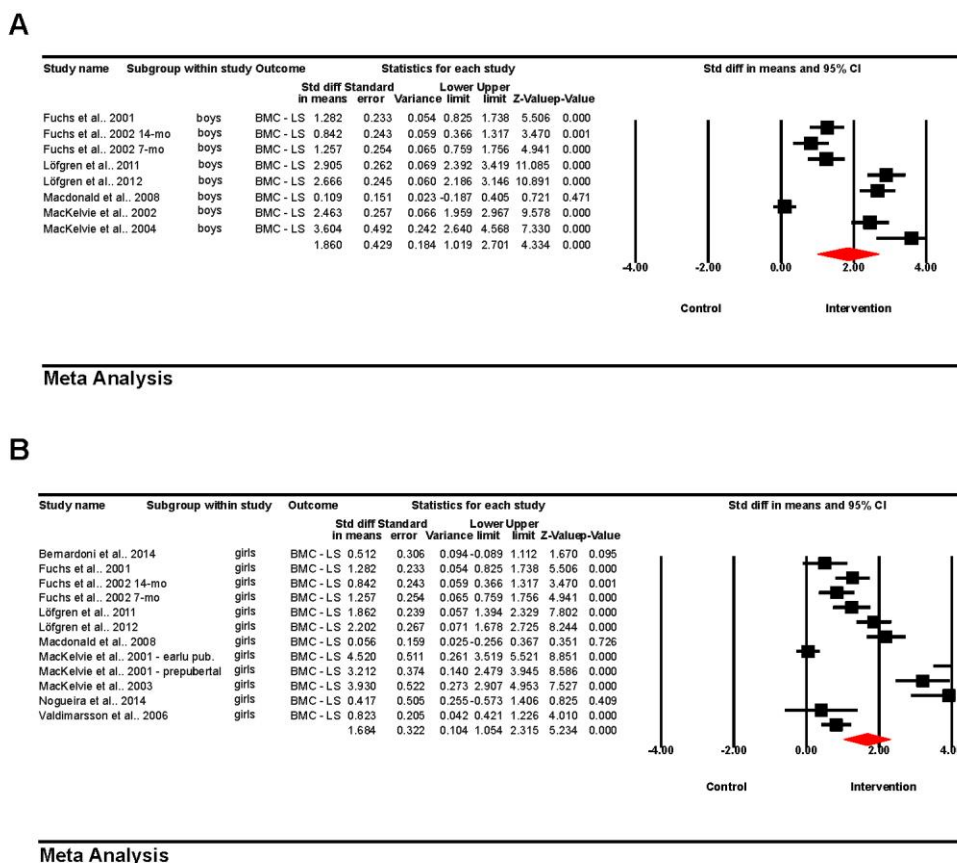


Figure 5. Standardized mean differences in boys (A) and girls' (B) lumbar spine bone mineral content (g) promoted by physical education and control (no intervention). CI indicates confidence interval; Std diff, standardized difference.

DISCUSSION

The purpose of this meta-analysis was to assess the effectiveness of interventions designed to optimize PE in the BMC and BMD of children and adolescents. The main findings of this study are the following: (1) PE interventions favour increases in BMC and BMD; (2) Subgroup analyses show that the effects of PE interventions seem to be more efficient among boys than girls (i.e., effect sizes values are higher) in BMC; (3) girls show a greater increase than boys in BMD; and (4) the analysis of subgroups for body parts indicates a significant increase in neck femoral and lumbar BMC and femoral neck BMD in male and female participants, regardless of age and maturation status (at baseline).

Our meta-analysis evaluated two different outcomes, while BMC is a measure in grams (g) of the amount of mineral present in the bone, BMD is a volumetric measure that involves, in addition to the quantity in grams, the size

of the bone. The results of the current study indicated that boys seem to be more responsive to PE classes at BMC and girls at BMD. These results can be explained by the fact that the end of childhood is the phase in which boys experience the beginning of the growth spurt, characterized mainly by the growth of long bones⁴⁹.

This exponential growth can interfere with BMD measurements since boys naturally increase in size, the necessary amount of bone mineral may not keep pace with the growth rate for some determined time⁵⁰ and this was not analysed in the studies included in this review. Conversely, girls, being in a more advanced process of growth (start earlier), their bones probably already balanced the amount of mineral in relation to their size, which represents that BMD can be a more reliable measure for girls this age group. Krabbe et al. (1979)⁵⁰ showed that after the growth spurt in 301 youths, linear growth slowed considerably while bone mineralisation rose steeply, suggesting that gonadal hormones are the initiators of the short-lived growth, with a visible effect on BMC.

Literature reviews indicate that regions with a greater amount of trabecular bone (e.g., lumbar spine), normally respond better to exercise⁵¹. Some evidence justifies this by indicating that these regions are possibly more metabolically active^{52,53}. However, other evidence also indicates that the increase in BMD in response to different exercises is identified in regions with a greater amount of cortical bone (e.g., femur)³⁷. These findings are in line with the results of the present meta-analysis, where the most striking results in the subgroup analysis were the neck of the femur (a significant amount of trabecular and cortical bone), for both BMD and BMC, and the lumbar spine only for BMC.

These results are important public health indicators because the annual incidence rate of hip fracture has been estimated as 1.29/1000 person-years in men and 2.24/1000 person-years in women⁵⁴. In addition to the high incidence, the majority of people who suffer from this injury are elderly and the mortality rate in the year following the injury for this population varies from 12 to 27%⁵⁵. In this sense, childhood physical activity has been described as a strategy to improve the bone profile and prevent osteoporosis and the increased risk of fractures during adulthood⁵⁶, as several studies have reported that active

children, in comparison with non-active children, have greater bone mass, both in cross-sectional⁵⁷ and longitudinal studies⁵⁸. However, not all physical activities have equivalent influence on skeletal development⁵. Intense activities, especially those that produce an impact, seem to have a recognized osteogenic effect on bone^{12,14}, due to osteogenic stimuli caused by the gravitational force and the intense action of muscles during impacts⁵¹.

Some studies indicate that the effect of physical activities on the bone usually occurs specifically in places that support the stress of activity^{59,60}, indicating that specific activities that include all body segments must be present in school-based interventions, however, the role of different physical-sporting approaches to bone health are not fully understood. Some literature reviews that investigated the effect of different exercises on the bone indicators of obese, adolescents and adults indicate that the effects of interventions may vary according to the type of activity performed and the magnitude, speed and nature of the load applied^{17,61-63}.

Gunter et al. (2012)⁵ stated that activities with ground reaction force greater than 3.5 times the bodyweight per leg, with peak strength occurring in less than 0.1 seconds, seem to promote greater osteogenic potential. In fact, our results showed a high heterogeneity of procedures used in the analysed intervention. However, although most of the studies analysed do not report indicators of ground reaction strength, the activities proposed in PE classes were predominantly composed of jumping activities, core exercises, coordination and skill activities, exercise circuit and small-sided games.

These intervention strategies seem to be adequate since health promotion, in general, must take into account other health components. Recently, a meta-analysis⁸ indicated that both the increase in the number of PE classes and the improvement in the quality of classes are associated with positive effects on several health indicators. This study also indicated that the inclusion of physical exercise circuits (fitness) seems to be the strategy that most promotes the most positive effect on health⁸. These findings are corroborated by the results of the present review, where most studies used the exercise strategies mentioned above.

Strengths and limitations

To our knowledge, this study is the first meta-analysis to quantify associations of interventions designed to improve PE with bone health indicators among children and adolescents. The findings of this meta-analysis emphasize the potential of intervention approaches with PE for public health, as they show positive effects of PE on bone health and especially in key regions of the body (femur and spine). This evidence indicates that great investments in PE may have potential to reduce people's hip fractures and osteoporosis in the future.

This study also has limitations: (1) the heterogeneity in the number of PE classes per week in the control groups and its duration; (2) the variety of strategies used during PE classes; (3) the outcomes assessed in different regions of the body, which does not allow accurate evidence from all included studies; and (4) the role of potential confounders in the meta-analysis (e.g., total physical activity and changes in the maturation level).

CONCLUSION

Collectively, the results of this systematic review and meta-analysis suggest that most successful interventions conducted within school PE incorporate a combination of specific exercises (e.g., jumping, core movements, coordination and skill activities, dancing and playground activities) and mini-games of high intensity or moderate-vigorous intensity and with a volume of 3 to 5 times a week.

BMD and BMC appear to respond in a similar way to the proposed stimulus, but boys seem to be more responsive at BMC and girls more responsive at BMD. For both male and female, the results report effects for the femur region and lumbar spine. While the current study suggests specific intervention within school PE result in positive benefits for bone health, those studies included presented high publication bias and high heterogeneity. As a consequence, additional, higher-quality studies are needed to provide more robust recommendations as to the most effective exercise prescription to enhance children's bone health through school PE.

Acknowledgments: We would like to acknowledge Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brazil) for the PhD scholarships of the authors Mello and Pedretti. We would like to acknowledge Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brazil) for de researcher scholarship level 1-D of the A. Gaya. We would like to acknowledge Dr. Will Stahl-Timmins for use of the Graphical Overview for Evidence Reviews (GOfER) software.

REFERENCES

1. van der Sluis IM, de Muinck Keizer-Schrama SMPF. Osteoporosis in Childhood: Bone Density of Children in Health and Disease. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2001;14(7). doi:10.1515/JPEM.2001.14.7.817
2. Baxter-Jones ADG, Faulkner RA, Forwood MR, Mirwald RL, Bailey DA. Bone mineral accrual from 8 to 30 years of age: An estimation of peak bone mass. *J Bone Miner Res.* 2011. doi:10.1002/jbmr.412
3. Hui SL, Slemenda CW, Johnston CC. The contribution of bone loss to postmenopausal osteoporosis. *Osteoporos Int.* 1990;1(1):30-34. doi:10.1007/BF01880413
4. Beck TJ, Oreskovic TL, Stone KL, et al. Structural Adaptation to Changing Skeletal Load in the Progression Toward Hip Fragility: The Study of Osteoporotic Fractures. *J Bone Miner Res.* 2001;16(6):1108-1119. doi:10.1359/jbmr.2001.16.6.1108
5. Gunter KB, Almstedt HC, Janz KF. Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2012;40(1):13-21. doi:10.1097/JES.0b013e318236e5ee
6. Gracia-Marco L, Vicente-Rodriguez G, Casajus JA, Molnar D, Castillo MJ, Moreno LA. Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(11):2671-2680. doi:10.1007/s00421-011-1897-0
7. Turner RT, Kalra SP, Wong CP, et al. Peripheral leptin regulates bone formation. *J Bone Miner Res.* 2013;28(1):22-34. doi:10.1002/jbmr.1734
8. García-Hermoso A, Alonso-Martínez AM, Ramírez-Vélez R, Pérez-Sousa MÁ, Ramírez-Campillo R, Izquierdo M. Association of Physical Education With Improvement of Health-Related Physical Fitness Outcomes and Fundamental Motor Skills Among Youths. *JAMA Pediatr.* April 2020:e200223. doi:10.1001/jamapediatrics.2020.0223
9. Lu PW, Briody JN, Ogle GD, et al. Bone mineral density of total body, spine, and femoral neck in children and young adults: a cross-sectional and longitudinal study. *J Bone Min Res.* 1994;9(9):1451-1458. doi:10.1002/jbmr.5650090918
10. Rannevik G, Jeppsson S, Johnell O, Bjerre B, Laurell-Borulf Y, Svanberg L. A longitudinal study of the perimenopausal transition: altered profiles of steroid and pituitary hormones, SHBG and bone mineral density. *Maturitas.* 1995;21(2):103-113. doi:10.1016/0378-5122(94)00869-9
11. Fritz J, Cöster ME, Nilsson J-Å, Rosengren BE, Dencker M, Karlsson MK. The associations of physical activity with fracture risk—a 7-year prospective controlled intervention study in 3534 children. *Osteoporos Int.* 2016;27(3):915-922. doi:10.1007/s00198-015-3311-y
12. Gunter K, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, et al. Impact Exercise Increases

- BMC During Growth: An 8-Year Longitudinal Study. *J Bone Miner Res.* 2007;23(7):986-993. doi:10.1359/jbmr.071201
13. Specker B, Binkley T. Randomized Trial of Physical Activity and Calcium Supplementation on Bone Mineral Content in 3- to 5-Year-Old Children. *J Bone Miner Res.* 2003;18(5):885-892. doi:10.1359/jbmr.2003.18.5.885
 14. Bass SL, Naughton G, Saxon L, et al. Exercise and Calcium Combined Results in a Greater Osteogenic Effect Than Either Factor Alone: A Blinded Randomized Placebo-Controlled Trial in Boys. *J Bone Miner Res.* 2007;22(3):458-464. doi:10.1359/jbmr.061201
 15. Agostinete RR, Lynch KR, Gobbo LA, et al. Basketball Affects Bone Mineral Density Accrual in Boys More Than Swimming and Other Impact Sports: 9-mo Follow-Up. *J Clin Densitom.* 2016;19(3):375-381. doi:10.1016/j.jocd.2016.04.006
 16. Karpiński M, Popko J, Maresz K, Badmaev V, Stohs SJ. Roles of Vitamins D and K, Nutrition, and Lifestyle in Low-Energy Bone Fractures in Children and Young Adults. *J Am Coll Nutr.* 2017;36(5):399-412. doi:10.1080/07315724.2017.1307791
 17. Gómez-Bruton A, Matute-Llorente Á, González-Agüero A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G. Plyometric exercise and bone health in children and adolescents: a systematic review. *World J Pediatr.* 2017;13(2):112-121. doi:10.1007/s12519-016-0076-0
 18. Mello JB, Lemos LFGBP de, Aires LM, et al. Physical activity, sedentary time and bone tissue: effects of an 8-months interdisciplinary program with overweight/obese children. *Rev Bras Atividade Física Saúde.* 2019;23:1-7. doi:10.12820/rbafs.23e0053
 19. Vlachopoulos D, Barker AR, Ubago-Guisado E, et al. Longitudinal Adaptations of Bone Mass, Geometry, and Metabolism in Adolescent Male Athletes: The PRO-BONE Study. *J Bone Miner Res.* 2017;32(11):2269-2277. doi:10.1002/jbmr.3206
 20. Nguyen VH. School-based exercise interventions effectively increase bone mineralization in children and adolescents. *Osteoporos Sarcopenia.* 2018;4(2):39-46. doi:10.1016/j.afos.2018.05.002
 21. McKay HA. "Bounce at the Bell": a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children. *Br J Sports Med.* 2005;39(8):521-526. doi:10.1136/bjism.2004.014266
 22. Larsen MN, Nielsen CM, Helge EW, et al. Positive effects on bone mineralisation and muscular fitness after 10 months of intense school-based physical training for children aged 8-10 years: The FIT FIRST randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2018;52(4):254-260. doi:10.1136/bjsports-2016-096219
 23. MacKelvie KJ, McKay HA, Khan KM, Crocker PRE. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr.* 2001;139(4):501-508. doi:10.1067/mpd.2001.118190
 24. Moher D, Shamseer L, Clarke M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* 2015;4(1):1. doi:10.1186/2046-4053-4-1
 25. Graphical Overview for Evidence Reviews software. <http://blogs.exeter.ac.uk/gofer/>. Accessed May 1, 2020.
 26. Verhagen AP, de Vet HCW, de Bie RA, et al. The Delphi List. *J Clin Epidemiol.* 1998;51(12):1235-1241. doi:10.1016/S0895-4356(98)00131-0

27. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ WV. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.0 (updated July 2019). In: *The Cochrane Collaboration*. ; 2019. www.training.cochrane.org/handbook.
28. Valdimarsson Ö, Linden C, Johnell O, Gardsell P, Karlsson MK. Daily Physical Education in the School Curriculum in Prepubertal Girls during 1 Year is Followed by an Increase in Bone Mineral Accrual and Bone Width—Data from the Prospective Controlled Malmö Pediatric Osteoporosis Prevention Study. *Calcif Tissue Int*. 2006;78(2):65-71. doi:10.1007/s00223-005-0096-6
29. Alwis G, Linden C, Stenevi-Lundgren S, et al. A one-year exercise intervention program in pre-pubertal girls does not influence hip structure. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9(1):9. doi:10.1186/1471-2474-9-9
30. Löfgren B, Detter F, Dencker M, Stenevi-Lundgren S, Nilsson J-Å, Karlsson MK. Influence of a 3-year exercise intervention program on fracture risk, bone mass, and bone size in prepubertal children. *J Bone Miner Res*. 2011;26(8):1740-1747. doi:10.1002/jbmr.381
31. Lofgren B, Dencker M, Nilsson J-A, Karlsson MK. A 4-Year Exercise Program in Children Increases Bone Mass Without Increasing Fracture Risk. *Pediatrics*. 2012;129(6):e1468-e1476. doi:10.1542/peds.2011-2274
32. Detter FTL, Rosengren BE, Dencker M, Nilsson J-Å, Karlsson MK. A 5-Year Exercise Program in Pre- and Peripubertal Children Improves Bone Mass and Bone Size Without Affecting Fracture Risk. *Calcif Tissue Int*. 2013;92(4):385-393. doi:10.1007/s00223-012-9691-5
33. Detter F, Rosengren BE, Dencker M, Lorentzon M, Nilsson J-Å, Karlsson MK. A 6-Year Exercise Program Improves Skeletal Traits Without Affecting Fracture Risk: A Prospective Controlled Study in 2621 Children. *J Bone Miner Res*. 2014;29(6):1325-1336. doi:10.1002/jbmr.2168
34. Fritz J, Rosengren BE, Dencker M, Karlsson C, Karlsson MK. A seven-year physical activity intervention for children increased gains in bone mass and muscle strength. *Acta Paediatr*. 2016;105(10):1216-1224. doi:10.1111/apa.13440
35. McKay HA, Petit MA, Schutz RW, Prior JC, Barr SI, Khan KM. Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes: A randomized school-based exercise intervention study in prepubescent and early pubescent children. *J Pediatr*. 2000;136(2):156-162. doi:10.1016/S0022-3476(00)70095-3
36. Mackelvie KJ, Mckay HA, Petit MA, Moran O, Khan KM. Bone Mineral Response to a 7-Month Randomized Controlled, School-Based Jumping Intervention in 121 Prepubertal Boys: Associations With Ethnicity and Body Mass Index. *J Bone Miner Res*. 2002;17(5):834-844. doi:10.1359/jbmr.2002.17.5.834
37. Petit MA, Mckay HA, Mackelvie KJ, Heinonen A, Khan KM, Beck TJ. A Randomized School-Based Jumping Intervention Confers Site and Maturity-Specific Benefits on Bone Structural Properties in Girls: A Hip Structural Analysis Study. *J Bone Miner Res*. 2002;17(3):363-372. doi:10.1359/jbmr.2002.17.3.363
38. MacKelvie KJ, Khan KM, Petit MA, Janssen PA, McKay HA. A School-Based Exercise Intervention Elicits Substantial Bone Health Benefits: A 2-Year Randomized Controlled Trial in Girls. *Pediatrics*. 2003;112(6):e447-

- e452. doi:10.1542/peds.112.6.e447
39. MacKelvie KJ, Petit MA, Khan KM, Beck TJ, McKay HA. Bone mass and structure are enhanced following a 2-year randomized controlled trial of exercise in prepubertal boys. *Bone*. 2004;34(4):755-764. doi:10.1016/j.bone.2003.12.017
 40. Macdonald HM, Kontulainen SA, Petit MA, Beck TJ, Khan KM, McKay HA. Does a novel school-based physical activity model benefit femoral neck bone strength in pre- and early pubertal children? *Osteoporos Int*. 2008;19(10):1445-1456. doi:10.1007/s00198-008-0589-z
 41. Macdonald HM, Kontulainen SA, Khan KM, McKay HA. Is a School-Based Physical Activity Intervention Effective for Increasing Tibial Bone Strength in Boys and Girls? *J Bone Miner Res*. 2007;22(3):434-446. doi:10.1359/jbmr.061205
 42. Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM. Jumping Improves Hip and Lumbar Spine Bone Mass in Prepubescent Children: A Randomized Controlled Trial. *J Bone Miner Res*. 2001;16(1):148-156. doi:10.1359/jbmr.2001.16.1.148
 43. Fuchs RK, Snow CM. Gains in hip bone mass from high-impact training are maintained: A randomized controlled trial in children. *J Pediatr*. 2002;141(3):357-362. doi:10.1067/mpd.2002.127275
 44. Mirwald RL, G. Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sport Exerc*. 2002;34(4):689-694. doi:10.1097/00005768-200204000-00020
 45. Daly RM, Ducher G, Hill B, et al. Effects of a Specialist-Led, School Physical Education Program on Bone Mass, Structure, and Strength in Primary School Children: A 4-Year Cluster Randomized Controlled Trial. *J Bone Miner Res*. 2016;31(2):289-298. doi:10.1002/jbmr.2688
 46. Hasselstrøm HA, Karlsson MK, Hansen SE, Grønfeldt V, Froberg K, Andersen LB. A 3-Year Physical Activity Intervention Program Increases the Gain in Bone Mineral and Bone Width in Prepubertal Girls but not Boys: The Prospective Copenhagen School Child Interventions Study (CoSCIS). *Calcif Tissue Int*. 2008;83(4):243-250. doi:10.1007/s00223-008-9166-x
 47. Nogueira RC, Weeks BK, Beck BR. An in-school exercise intervention to enhance bone and reduce fat in girls: The CAPO Kids trial. *Bone*. 2014;68:92-99. doi:10.1016/j.bone.2014.08.006
 48. Bernardoni B, Thein-Nissenbaum J, Fast J, et al. A school-based resistance intervention improves skeletal growth in adolescent females. *Osteoporos Int*. 2014;25(3):1025-1032. doi:10.1007/s00198-013-2535-y
 49. Maresh MM. Linear Growth of Long Bones of Extremities from Infancy Through Adolescence. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1955;89(6):725. doi:10.1001/archpedi.1955.02050110865010
 50. Krabbe S, Christiansen C, Rodbro P, Transbol I. Effect of puberty on rates of bone growth and mineralisation: with observations in male delayed puberty. *Arch Dis Child*. 1979;54(12):950-953. doi:10.1136/adc.54.12.950
 51. Cadore EL, Brentano MA, Kruel LFM. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. *Rev Bras Med do Esporte*. 2005;11(6):373-379. doi:10.1590/S1517-86922005000600013
 52. Kemmler W, Eengelke K, Lauber D, Weineck J, Hensen J, Kalender WA.

- Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1-year EFOPS results. *Med Sci Sport Exerc.* 2002;34(12):2115-2123. doi:10.1097/00005768-200212000-00038
53. Vincent KR, Braith RW. Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Med Sci Sport Exerc.* 2002;34(1):17-23. doi:10.1097/00005768-200201000-00004
 54. Adams AL, Shi J, Takayanagi M, Dell RM, Funahashi TT, Jacobsen SJ. Ten-year hip fracture incidence rate trends in a large California population, 1997–2006. *Osteoporos Int.* 2013;24(1):373-376. doi:10.1007/s00198-012-1938-5
 55. Khan SK, Kalra S, Khanna A, Thiruvengada MM, Parker MJ. Timing of surgery for hip fractures: A systematic review of 52 published studies involving 291,413 patients. *Injury.* 2009;40(7):692-697. doi:10.1016/j.injury.2009.01.010
 56. Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, Daly RM, Uusi-Rasi K, Kannus P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC Med.* 2010;8(1):47. doi:10.1186/1741-7015-8-47
 57. Nasri R, Hassen Zrour S, Rebai H, et al. Combat Sports Practice Favors Bone Mineral Density Among Adolescent Male Athletes. *J Clin Densitom.* 2015;18(1):54-59. doi:10.1016/j.jocd.2013.09.012
 58. Gustavsson A, Thorsen K, Nordström P. A 3-Year Longitudinal Study of the Effect of Physical Activity on the Accrual of Bone Mineral Density in Healthy Adolescent Males. *Calcif Tissue Int.* 2003;73(2):108-114. doi:10.1007/s00223-002-2026-1
 59. Menkes A, Mazel S, Redmond R a, et al. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol.* 1993;74(5):2478-2484. doi:10.1152/jappl.1993.74.5.2478
 60. Morris FL, Smith RM, Payne WR, Galloway MA, Wark JD. Compressive and Shear Force Generated in the Lumbar Spine of Female Rowers. *Int J Sports Med.* 2000;21(7):518-523. doi:10.1055/s-2000-7409
 61. Smith JJ, Eather N, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Faigenbaum AD, Lubans DR. The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med.* 2014;44(9):1209-1223. doi:10.1007/s40279-014-0196-4
 62. Yang X, Zhai Y, Zhang J, Chen J-Y, Liu D, Zhao W-H. Combined effects of physical activity and calcium on bone health in children and adolescents: a systematic review of randomized controlled trials. *World J Pediatr.* January 2020. doi:10.1007/s12519-019-00330-7
 63. Chaplais E, Naughton G, Greene D, et al. Effects of interventions with a physical activity component on bone health in obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *J Bone Miner Metab.* 2018;36(1):12-30. doi:10.1007/s00774-017-0858-z

CAPÍTULO 2. MÉTODOS DO ESTUDO

Problema da pesquisa

Hipóteses

Definição operacional das variáveis

Caracterização da pesquisa

Sujeitos da pesquisa

Instrumentos e procedimentos de coleta de dados

Tratamento dos dados

Nesse capítulo estão apresentadas as decisões metodológicas para a construção do projeto de pesquisa que originou esta tese de doutoramento. Os procedimentos metodológicos do estudo que compõem o capítulo 4 “Estudo sobre a aplicabilidade dos resultados” estarão apresentados no respectivo capítulo, por se tratar de um estudo independente.

2.1 PROBLEMA DA PESQUISA

A elaboração desta tese foi estruturada principalmente a partir dos seguintes questionamentos:

- Há associação entre as variáveis velocidade, agilidade e de potência de membros inferiores e superiores e os indicadores de massa óssea em crianças?
- Existem valores específicos de velocidade, agilidade e de potência de membros inferiores e superiores que possam identificar crianças com maior probabilidade de apresentarem baixa massa óssea?

2.2 HIPÓTESES

A base teórica desta pesquisa foi construída a partir de algumas hipóteses de forma hierárquica:

- H₁: Há associação da velocidade e agilidade com o conteúdo e a densidade mineral óssea.
- H₂: Há associação com magnitude mais forte, em relação às demais, da potência de membros inferiores e superiores com o conteúdo e densidade mineral óssea.

Confirmadas as hipóteses anteriores, o estudo avança para análises da seguinte hipótese:

- H₃: Os testes físicos: corrida de 20 metros (velocidade), quadrado de 4x4 metros (agilidade), salto horizontal (potência de membros inferiores) e arremesso de *medicine ball* de 2 kg (potência de membros superiores) possuem acurácia aceitável (área sob a curva ROC $\geq 0,70$) para a triagem de risco de baixa massa óssea em crianças.

2.3 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

2.3.1 Variáveis teste

2.3.1.1 Velocidade

Foi compreendida como o tempo em segundos e centésimos em que a criança percorreu a distância de 20 metros em linha reta.

2.3.1.2 Agilidade

Foi compreendida como o tempo em segundos e centésimos em que a criança percorreu o percurso do teste do quadrado de 4x4m.

2.3.1.3 Potência de membros superiores

Foi compreendida como a distância em centímetros em que a *medicine ball* de 2kg alcança após a execução da criança no teste de arremesso.

2.3.1.4 Potência de membros inferiores

Foi compreendida como a distância em centímetros alcançada pela criança a partir da execução de um salto horizontal com contramovimento.

2.3.2 Variáveis desfecho

2.3.2.1 Conteúdo mineral ósseo

Foi compreendido como a quantidade em gramas (g) de mineral ósseo no corpo, ou no segmento corporal específico, avaliado por absorciometria por raios-X com dupla energia.

2.3.2.2 Densidade mineral óssea¹

Foi compreendida como a quantidade em gramas por centímetro quadrado (g/cm²) de mineral ósseo no corpo ou no segmento corporal específico, avaliado por absorciometria por raios-X com dupla energia.

2.3.3 Covariáveis

Devido à influência que os indicadores de massa óssea sofrem de algumas variáveis biológicas (BACHRACH, 2001; BACHRACH *et al.*, 1999; BAILEY *et al.*, 1999), para as análises de associação foram consideradas as seguintes covariáveis:

¹ Na presente tese, utilizou-se a variável densidade mineral óssea não real (aDMO). A medida de densidade real é volumétrica (g/cm³ - vDMO) e para essas avaliações é necessário um equipamento com *software* específico para esse fim. A maioria dos estudos científicos com crianças utiliza a medida de aDMO como o indicador de densidade óssea, inclusive sendo recomendada pela *International Society for Clinical Densitometry* (SHEPHERD *et al.*, 2013).

2.3.3.1 *Maturação somática*

Foi compreendida a partir da identificação da distância, em anos, que o indivíduo se encontra em relação ao pico de velocidade de crescimento, calculada pela equação proposta por (MIRWALD *et al.*, 2002).

2.3.3.2 *Percentual de gordura*

Foi considerado a partir da quantidade relativa de gordura no corpo, avaliado por absorciometria por raios-X com dupla energia.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se caracteriza por ser um estudo transversal com método correlacional e abordagem quantitativa (GAYA, 2016).

2.5 SUJEITOS DA PESQUISA

2.5.1 **Procedimentos éticos**

Os sujeitos da pesquisa fazem parte de um projeto intitulado “*Efeitos de um programa de intervenção com futebol sobre as variáveis associadas à cognição, à síndrome metabólica e a marcadores inflamatórios em crianças*”. As coletas de dados deste projeto seguiram os protocolos aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o parecer número 2.014.997 (CAAE: 58108916.0.0000.5347).

Para a presente pesquisa foi solicitada a utilização secundária dos dados da linha de base (transversais). Essa solicitação se justifica pelo fato de que os dados dos momentos pós-teste e *follow-up* estariam sobre influência da própria intervenção. Nesse sentido, essa solicitação foi encaminhada ao Comitê de Ética em Pesquisa com Humanos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e o projeto intitulado “*Aptidão física de crianças e a triagem de fatores de risco para baixa massa óssea*” foi aprovado sob o parecer número 3.414.512 (CAAE: 12222019.9.0000.5347).

2.5.2 **Características da amostra**

A presente pesquisa foi conduzida com uma amostra por conveniência (GAYA, 2016). Trata-se de estudantes, com idade entre 6 e 11 anos, do 1º ao

5º ano do ensino fundamental de uma escola pública de Porto Alegre, RS. Para compor a amostra foram utilizados dados das crianças que possuíam todas as variáveis necessárias para o presente estudo.

A conveniência desta amostra se justifica devido a escola ter parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através de disciplinas de estágio supervisionado e outros projetos de ensino e pesquisa com crianças e adolescentes das demais idades. Essa parceria facilitou o acesso dos pesquisadores à escola, aos pais/responsáveis das crianças e a boa condução da pesquisa. Sendo assim, foram utilizados dados de 160 crianças. Esses dados foram coletados no período entre março e abril de 2017 e abril de 2018 (crianças novas na escola, sem contato anterior com o projeto de intervenção).

2.5.3 Cálculo amostral

Para identificar o poder do teste (probabilidade de rejeitar a hipótese nula se realmente for falsa) a partir da dimensão amostral de 160 crianças foi realizado um cálculo amostral *a posteriori* no programa *G-Power* versão 3.1. Para isso utilizamos a equação direcionada ao teste de associação proposto. Foi realizado o cálculo para testes da família F, mais especificamente regressão linear múltipla. O *alpha* utilizado foi 0,05, o tamanho do efeito utilizado foi $f^2=0,15$ (moderado) (MELLO *et al.*, 2020 - em revisão por pares); o número de preditores foi oito (velocidade, agilidade, potência de membros superiores, potência de membros inferiores, sexo, idade, maturação somática e percentual de gordura). A partir desse protocolo (apêndice 1), considerando a dimensão amostral do presente estudo, o poder do teste ($1-\beta$) identificado foi de 0,95.

Para as principais análises desta pesquisa - curvas ROC - não foi possível realizar um cálculo. Entretanto, sabe-se que quanto maior for a dimensão da amostra mais pontos de corte existirão para a representação da curva e, conseqüentemente, mais precisa será a curva ROC representada (CRISTIANO, 2017).

2.6 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os procedimentos de coleta das variáveis antropométricas e da aptidão física foram de acordo com o Manual de Testes e Avaliação do Projeto Esporte

Brasil (GAYA; GAYA, 2016). As demais variáveis antropométricas que compõem a equação da maturação somática foram coletadas de acordo com os procedimentos descritos por (MIRWALD *et al.*, 2002). O conteúdo e a densidade mineral óssea e o percentual de gordura foram coletadas a partir da análise de composição corporal de acordo com as recomendações do fabricante do aparelho de absorciometria por raios-X com dupla energia da marca GE *Healthcare* modelo *Lunar Prodigy* (Madison, EUA).

2.6.1 Velocidade

Para a realização do teste para a medida de velocidade foi utilizado um cronômetro e uma pista de 20 metros demarcada com três linhas paralelas no solo da seguinte forma: a primeira (linha de partida); a segunda, distante 20 metros da primeira (linha de cronometragem) e a terceira linha, marcada a dois metros da segunda (linha de chegada). A terceira linha serve como referência de chegada para a criança com o objetivo de evitar que ela inicie a desaceleração antes de cruzar a linha de cronometragem. O cronômetro foi acionado pelo avaliador no momento em que o avaliado deu o primeiro passo (tocou o solo), ultrapassando a linha de partida. Quando o aluno cruzou a segunda linha (dos 20 metros), foi interrompido o cronômetro. Cada criança realizou duas tentativas. O resultado foi anotado em segundos e milésimos (ex: 3,24').

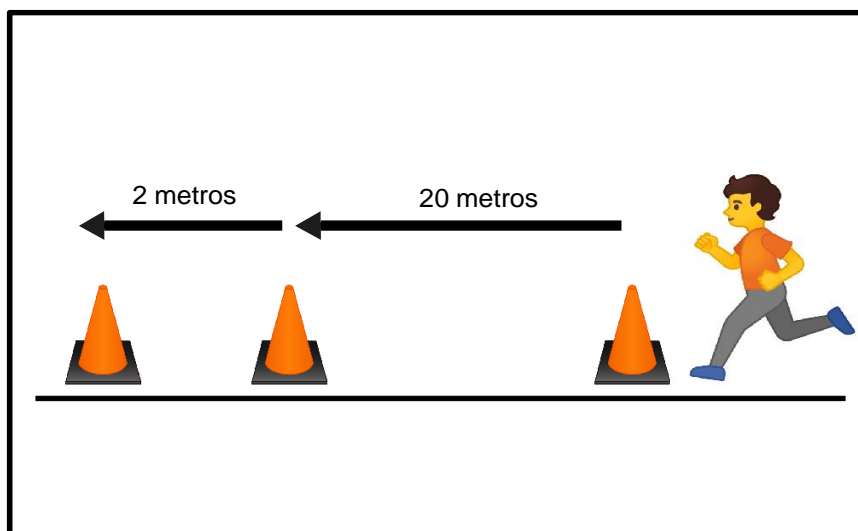


Imagem 1. Teste de corrida de 20 metros.

2.6.2 Agilidade

O teste para a medida da agilidade foi realizado demarcando-se um quadrado de quatro metros de lado com um cone em cada ângulo do quadrado. Uma reta desenhada com giz indicava a linha de partida. A criança partia da posição em pé, com um pé avançado à frente imediatamente atrás da linha de partida (num dos vértices do quadrado). Ao sinal do avaliador, a criança deveria se deslocar em velocidade máxima e tocar com uma das mãos no cone (1) situado no canto em diagonal do quadrado (atravessar o quadrado). Na sequência, deveria correr para tocar o cone (2) à sua esquerda e depois se deslocar para tocar o cone (3) em diagonal (atravessar o quadrado em diagonal). Finalmente, deveria correr em direção ao último cone (4), que correspondia ao ponto de partida. O cronômetro foi acionado no momento em que a criança tocava pela primeira vez com o pé o interior do quadrado e travado quando a criança tocava com uma das mãos no quarto cone. Cada criança realizou duas tentativas. Cada criança realizou duas tentativas. O resultado foi anotado em segundos e milésimos (ex: 6,21').

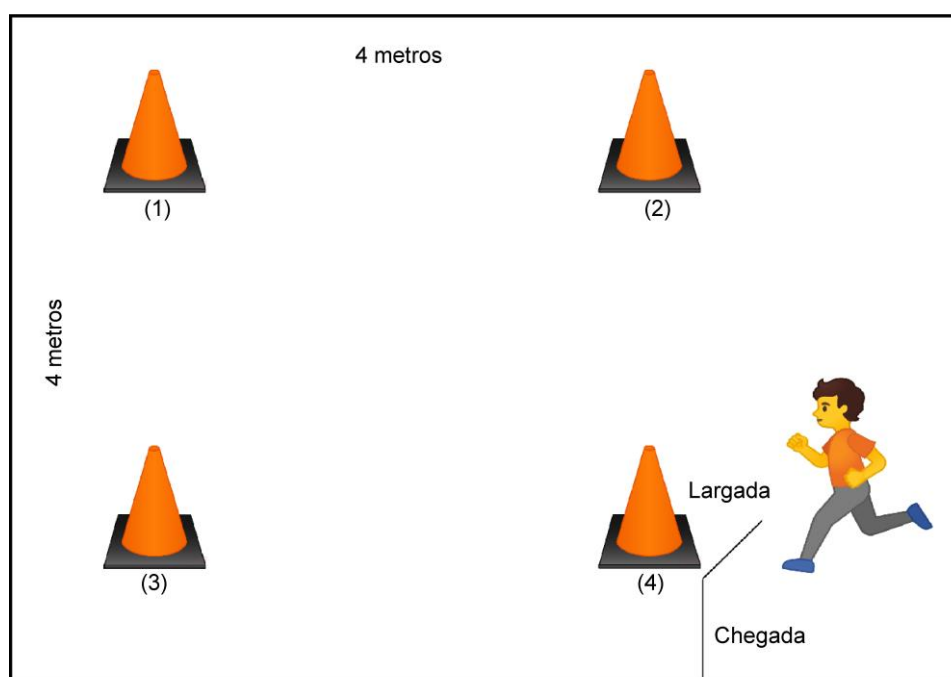


Imagem 2. Teste de corrida no quadrado de 4x4 metros.

2.6.3 Potência de membros superiores

Para a realização do teste para a medida da potência de membros superiores uma trena foi fixada no solo perpendicularmente a uma parede. A criança realizava o teste sentada, com os joelhos estendidos, as pernas unidas e as costas completamente apoiadas à parede, segurando uma *medicine ball* (2 kg) junto ao peito com os cotovelos flexionados. Ao sinal do avaliador a criança arremessava a bola à maior distância possível, mantendo as costas apoiadas na parede ou pilar. Cada criança realizou duas tentativas. O resultado foi anotado em centímetros (ex: 274).

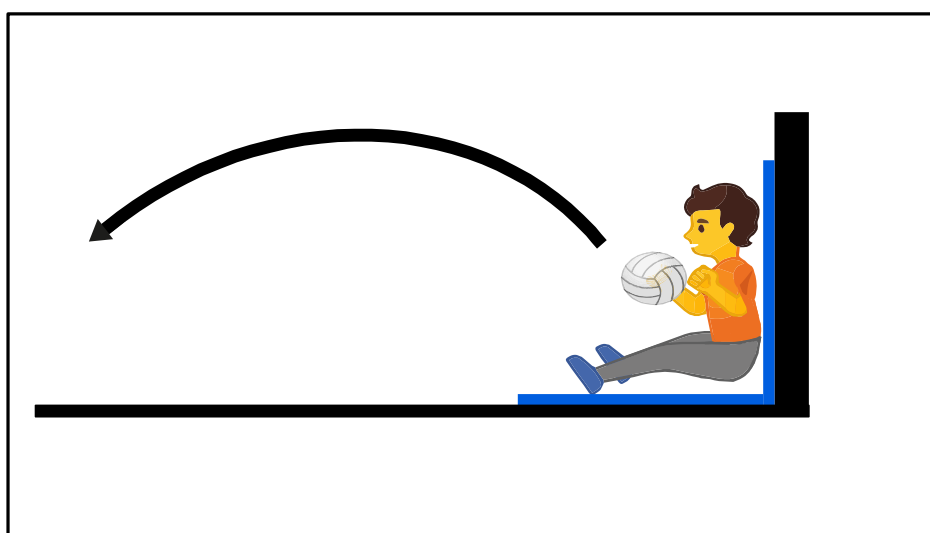


Imagem 3. Teste arremesso da *medicine ball* de 2 Kg.

2.6.4 Potência de membros inferiores

O teste para a medida da potência de membros inferiores foi realizado com uma trena fixada ao solo, perpendicularmente à linha de partida. A linha de partida foi sinalizada com uma das linhas que demarcavam a quadra esportiva da escola. O ponto zero da trena situava-se sobre a linha de partida. O avaliado colocava-se imediatamente atrás da linha, com os pés paralelos, ligeiramente afastados, joelhos semi-flexionados e tronco ligeiramente projetado à frente. Ao sinal o aluno saltava a maior distância possível aterrissando com os dois pés em simultâneo. Cada criança realizou duas tentativas. O resultado foi anotado em centímetros (ex: 160).

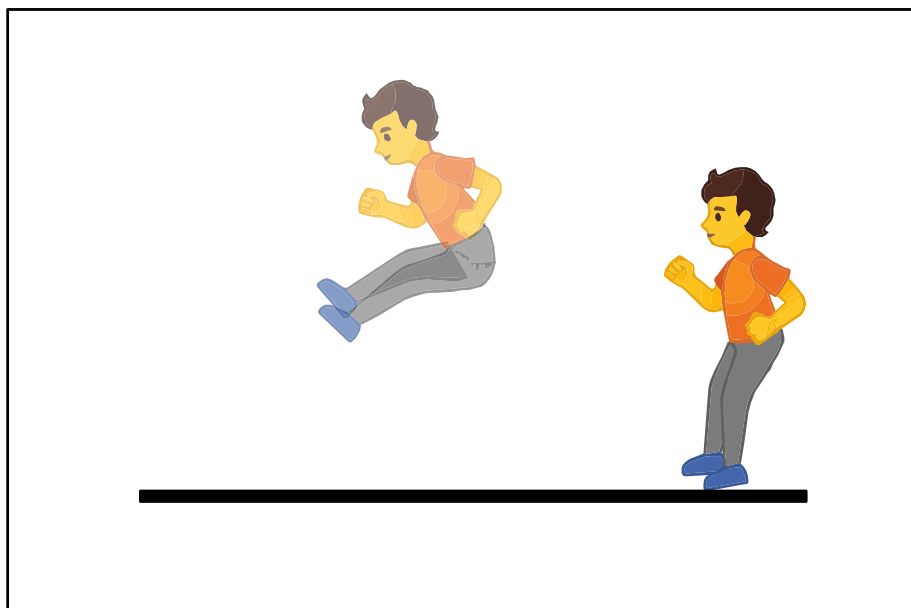


Imagem 4. Teste salto horizontal.

2.6.5 Composição corporal

No exame por absorciometria por raios-X com dupla energia foi possível obter os dados de percentual de gordura, conteúdo e densidade mineral óssea. Os exames foram realizados por um pesquisador treinado e um técnico de laboratório habilitado no manuseio do aparelho. Todas as avaliações foram acompanhadas pelo pesquisador. O aparelho foi calibrado uma vez por dia anteriormente as sessões de avaliação. As crianças foram instruídas a remover qualquer material de metal e utilizar roupas sem fechos, fivelas ou botões. O avaliador posicionou os indivíduos em decúbito dorsal e solicitou que ficassem sem se movimentar durante a medida, por 5 minutos, enquanto o braço do equipamento passasse sobre o corpo no sentido cabeça - pé.

Os valores apresentados foram calculados automaticamente através do software do equipamento. Os valores de percentual de gordura foram descritos para o corpo total. Os valores de conteúdo (ex:70,23g) e densidade (ex:0,978 g/cm²) mineral óssea foram descritos para o corpo total, corpo total sem a cabeça, tronco, coluna, braços, quadril e pernas (exemplo de relatório de exame no apêndice 2). Estas variáveis foram categorizadas acordo com a recomendação para crianças da Organização Mundial de Saúde que define como normalidade o conteúdo ou densidade mineral óssea entre zero e ± 1 desvio padrão (DP) em relação aos valores observados na amostra

considerando o ajuste para a idade e o sexo (escore Z). Valores abaixo de -1 desvio padrão foram considerados como risco elevado de baixa massa óssea (CAMPOS *et al.*, 2003; WHO, 1994).

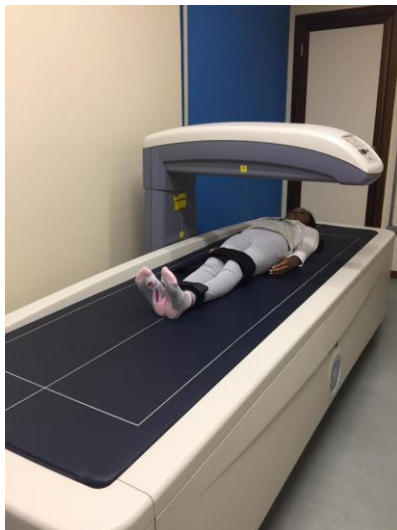


Imagem 5. Exame por absorciometria por raios-X com dupla energia (Divulgação da imagem autorizada no TCLE).

2.6.6 Maturação Somática

Para calcular a maturação somática foram necessárias as variáveis: estatura, massa corporal, estatura sentado (ES) e comprimento de membros inferiores (CMI). A estatura foi mensurada com o auxílio de uma prancheta utilizada como esquadro em uma fita métrica com precisão de 2mm fixada em uma parede sem rodapé. A criança posicionada de costas à parede em posição anatômica ficava imóvel até que a leitura da estatura fosse realizada. Esta medida foi anotada em centímetros e milímetros (ex: 145,5). A massa corporal foi mensurada com o auxílio de uma balança digital com precisão de 500g e calibrada (ou calibragem conferida) a cada 20 crianças avaliadas. As crianças foram medidas em trajés de educação física e descalços. No momento da medida mantinham-se em pé com os cotovelos estendidos e juntos ao corpo. Esta medida foi anotada em quilogramas e gramas (ex: 48,8)

A ES foi mensurada com o auxílio de uma prancheta utilizada como esquadro em uma fita métrica com precisão de 2mm fixada em uma parede. O ponto zero da fita métrica estava fixado no acento de um banco com altura adequada para que as crianças sentassem de forma confortável. A criança

sentada de costas à parede em posição ereta ficava imóvel até que a leitura da estatura sentada fosse realizada. Esta medida foi anotada em centímetros e milímetros (ex: 60,8). O CMI foi calculado a partir da subtração do valor em centímetros da estatura pelo valor em centímetros da estatura sentado.

A partir disso, foram utilizadas equações específicas porá cada sexo. Para meninos: $DPVC (\text{meninos}) = -9,236 + 0,0002708 (\text{CMI} \times \text{ES}) - 0,001663 (\text{Idade} \times \text{CMI}) + 0,007216 (\text{Idade} \times \text{ES}) + 0,02292 (\text{massa}/\text{estatura})$; Para meninas: $DPVC (\text{meninas}) = - 9.376 + 0.0001882 (\text{CMI} \times \text{ES}) + 0.0022 (\text{Idade} \times \text{CMI}) + 0.005841 (\text{Idade} \times \text{ES}) - 0.002658 (\text{Idade} \times \text{massa}) + 0.07693 (\text{massa}/\text{altura})$.

2.6.7 Estratégia de coleta de dados e etapas da pesquisa

O primeiro passo antes da coleta de dados foi o contato com a equipe diretiva da escola. Após assinatura dos termos de autorização, todas as crianças matriculadas do 1º ao 5º ano do ensino fundamental receberam um convite para uma reunião que deveria ser entregue aos pais/responsáveis, assim como o termos de consentimento livre e esclarecido e o termo de assentimento livre e esclarecido. Os pais/responsáveis que compareceram na reunião assistiram a uma apresentação sobre toda a estrutura do projeto de pesquisa e posteriormente entregaram os termos assinados. Os pais/responsáveis que não compareceram à reunião receberam as informações sobre o projeto via contato disponibilizado previamente (e-mail ou WhatsApp) e enviaram os termos assinados pelos próprios alunos em horário de aula.

Após essa etapa foi agendado com cada turma um período de aula para a realização dos testes físicos e demais avaliações (questionários) que compunham o projeto de pesquisa. Os testes que fazem parte do presente projeto de pesquisa foram realizados na seguinte ordem: antropometria, salto, velocidade, arremesso e agilidade. Outros testes também foram realizados e o ordenamento das avaliações seguiu as recomendações do Manual de Testes e Avaliação do Projeto Esporte Brasil (GAYA; GAYA, 2016).

O exame de absorciometria por raios-X com dupla energia foi realizado no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para isso foi agendado com os pais/responsáveis um horário para a avaliação. Os pais/responsáveis levaram seus filhos até o laboratório e

acompanharam o exame que demandou um tempo médio de 15 minutos. Esse procedimento foi realizado no início dos anos letivos de 2017 e 2018. Após as coletas de dados os pais/responsáveis receberam um relatório sobre a aptidão física e saúde do filho (apêndice 2).

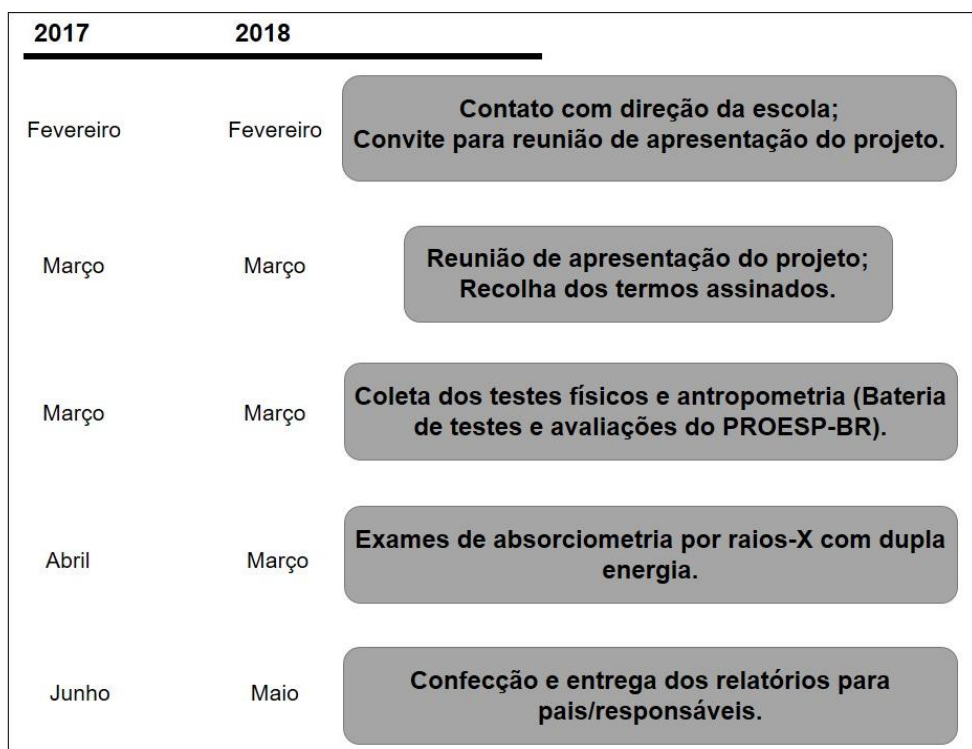


Imagem 6. Etapas da pesquisa.

2.7 TRATAMENTO DOS DADOS

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS for Windows versão 20.0 licenciado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para todas as análises foi considerado um valor de *alpha* de 0,05.

2.7.1 Análise descritiva

Para o tratamento dos dados primeiramente foi realizada uma análise descritiva. Nestas análises foram identificados - para as variáveis contínuas - o valor médio e desvio padrão (DP). Para as variáveis categóricas foram descritos os valores de frequência absoluta e relativa e o intervalo de confiança de 95%.

No segundo momento foi realizada uma análise exploratória para a identificação dos parâmetros de normalidade nas variáveis da aptidão física.

Nesse procedimento foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Este teste é sugerido por alguns autores como adequado para conjuntos de dados com mais de 50 casos (BARROS *et al.*, 2012; MARÔCO, 2014). Portanto a normalidade foi testada sem estratificações para sexo e idade.

2.7.2 Diferenças de variabilidades e associações

Para estimar as diferenças entre as distribuições da aptidão física nos dois sexos foi utilizado o teste t para amostras independentes e para a comparação das distribuições da aptidão física entre as idades foi utilizado a análise de variância One-way (ANOVA). As comparações *Post-hoc* foram realizadas com o teste de Bonferroni. Este teste, em termos gerais, é sugerido quando a dimensão das amostras e as variâncias são semelhantes, entretanto, sua principal característica é ser considerado conservador no controle do erro tipo um (BARROS *et al.*, 2012; MARÔCO, 2014).

Após essas etapas foram realizadas análises de associação para estimar a variabilidade dos indicadores de saúde óssea (desfecho) a partir das variáveis da aptidão física (analisadas de forma separada). Nestas análises foram utilizadas equações de regressão linear simples e múltipla. Os indicadores de saúde óssea foram analisados de forma contínua. Na análise de regressão múltipla a equação foi ajustada para o sexo, o percentual de gordura e maturação somática. A multicolineariedade entre as variáveis de ajuste foi testada previamente com a utilização do teste de correlação de Pearson.

2.7.3 Análises de curvas ROC

Após a confirmação das associações foi realizada a análise para a triagem dos indicadores de saúde óssea a partir da aptidão física. Para a proposição dos pontos de corte para as variáveis da aptidão física foi utilizada a análise de Curvas de Características de Operação do Receptor (*Receiver Operating Characteristics* - ROC). Este procedimento estatístico é o mais indicado para a determinação de testes diagnóstico ou triagem (EDREICH; LEE, 1981; HANLEY; MCNEIL, 1982) e já foi utilizado para propor os pontos de corte das demais variáveis da aptidão física relacionada à saúde do PROESP-Br (BERGMANN *et al.*, 2010, 2011).

A análise de curvas ROC foi conduzida em três momentos. Primeiramente as variáveis da aptidão física foram convertidas em valores de DP considerando o sexo e a idade. Essa estratégia permitiu com que a análise de curva ROC fosse realizada apenas com estratificação por sexo e consequentemente aumentasse a dimensão da amostra e mais pontos de corte estivessem disponíveis para a representação da curva. Essa estratégia já foi utilizada em um estudo semelhante (DORNELES *et al.*, 2016).

Logo em seguida foram criadas as variáveis desfecho. Para isso o conteúdo e a densidade mineral óssea em cada segmento corporal foi convertido para valores em unidade de DP (escore Z) considerando o sexo e a idade. Após isso as variáveis foram classificadas em “risco para baixa massa óssea” (valor ≤ -1 DP) e “massa óssea normal” (valor > -1 DP). Após isso, os segmentos foram agrupados formando então as possibilidades de desfecho que seriam testados nas análises de curvas ROC: 1) CMO do corpo total sem a cabeça, 2) DMO do corpo total sem a cabeça, 3) CMO dos membros superiores e tronco, 4) DMO dos membros superiores e tronco, 5) CMO da coluna e pelve, 6) DMO da coluna e pelve, 7) CMO da pelve e membros inferiores, 8) DMO da pelve e membros inferiores, 9) CMO dos membros superiores, tronco e pelve, 10) DMO dos membros superiores, tronco e pelve, 11) CMO da coluna, pelve e membros inferiores, e 12) DMO da coluna, pelve e membros inferiores.

Após esses procedimentos foi calculada a área sob as curvas ROC entre as variáveis da aptidão física (uma por vez, de forma contínua) e os desfechos (uma por vez, categóricas) estratificada por sexo. O desfecho que apresentou a maior área sob a curva ROC foi escolhido como a referência de indicador de saúde óssea. As análises para a identificação dos pontos de corte foram realizadas levando-se em consideração que o limite inferior do intervalo de confiança de 95% (IC95%) não fosse menor do que 0,50, ou seja, que a área sob a curva ROC seja de no mínimo 50%. Entretanto, foram considerados valores aceitáveis de área sob a curva ROC maiores que 70% (BRAGA, 2001) e com valores p significativos ($p \leq 0,05$).

Para as curvas ROC que atendessem os pressupostos mencionados, foram identificados os valores e ponto de corte correspondentes ao melhor ajustamento entre sensibilidade e especificidade. O critério para este melhor

ajustamento foi o maior valor do somatório entre sensibilidade e especificidade, desde que esse ponto de corte não tivesse o valor de especificidade maior do que o de sensibilidade (ex: sensibilidade = 0,890 e especificidade 0,780).

Por fim, os pontos de corte identificados estavam em unidades de DP (aptidão física em valores de escore Z). Desse modo foram identificados os valores reais (centímetros e segundos) dos testes correspondentes a cada unidade de DP em cada idade. Para isso foi utilizado o valor correspondente de percentil, assim cada ponto de corte representava um percentil que foi identificado na amostra em cada sexo e cada idade.

2.7.4 Validação dos pontos de corte encontrados

A última análise foi para verificar a validação dos pontos de corte encontrados. Para estas análises foram utilizadas os cálculos de razão de chances a partir da equação de regressão logística binária. Nesta análise a variável desfecho foi o indicador de saúde óssea que deu origem ao ponto de corte. A variável independente foi a variável da aptidão física testada, já classificada com o ponto de corte proposto. Foram considerados válidos os pontos de corte que apresentaram indicativo de associação, verificado através do intervalo de confiança de 95%, do valor de probabilidade estatística e da razão de chances.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Análise descritiva

Diferenças de variabilidades e associações

Análises de curvas ROC

Validação dos pontos de corte encontrados

3.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A amostra de 160 crianças teve uma distribuição equivalente entre os sexos e as idades, contudo a idade de 11 anos teve poucas crianças participantes na pesquisa. Na tabela 1 essas informações estão detalhadas, além do percentual de crianças que passaram/estavam no ano do pico de velocidade de crescimento ou ainda não atingiram o pico. Houve 8 casos de perda amostral nessa variável.

Tabela 1. Descrição geral da distribuição da amostra entre os sexos, idade e DPVC.

	Total		Meninos		Meninas	
	n	%	n	%	n	%
Sexo	160	100	85	53,1	75	46,9
Idade						
6	28	17,5	17	20,0	11	14,7
7	29	18,1	15	17,6	14	18,7
8	29	18,1	15	17,6	14	18,7
9	23	14,4	11	12,9	12	16,0
10	44	27,5	22	25,9	22	29,3
11	7	4,4	5	5,9	2	2,7
DPVC						
Ano ou +	10	6,6	-	-	10	13,7
Não atingiu	142	93,4	79	100	63	86,3

n: valor absoluto; %: valor relativo; DPVC: Distância para o pico de velocidade de crescimento.

Na tabela 2 estão descritas as informações de distribuição e tendência central de todas as variáveis antropométricas, de aptidão física, do percentual de gordura e da idade. Os valores médios das variáveis idade, altura e peso foram semelhantes na amostra total e quando estratificado por sexo. Já as demais variáveis apresentaram valores médios diferentes. Houve entre 5 e 8 casos de perda amostral nas variáveis descritas.

Tabela 2. Distribuição e tendência central das variáveis antropométricas, de aptidão física, do percentual de gordura e idade.

	Total		Meninos		Meninas	
	n	x±dp	n	x±dp	n	x±dp
Idade	160	8,9±1,56	85	8,25±1,65	75	8,35±1,50
Altura	155	1,33±0,10	85	1,34±0,10	74	1,33±0,11
Peso	155	33,03±10,14	85	32,80±9,31	74	33,29±11,03
DPVC	152	-3,02±1,73	79	-4,01±1,11	73	-1,95±1,65
%G	160	32,66±8,53	85	30,47±8,61	75	35,15±7,77
VEL	154	4,54±0,85	80	4,45±0,96	74	4,63±0,70
AGI	153	7,91±1,00	79	7,70±1,01	74	8,13±0,94
PMI	154	110,58±24,04	80	117,09±24,57	74	103,54±21,48
PMS	152	184,23±53,85	79	191,92±51,83	73	175,90±55,10

n: valor absoluto; x±dp: valor médio e seu respectivo desvio padrão; DPVC: distância para o pico de velocidade de crescimento; %G: percentual de gordura; IMC: índice de massa corporal; VE: velocidade; AGI: agilidade; PMI: potência de membros inferiores; PMS: potência de membros superiores.

A tabela 3 contém as informações sobre distribuição e tendência central do conteúdo e da densidade mineral óssea em cada segmento corporal. Houve uma perda amostral na avaliação do segmento corporal braço por conta de um menino que estava usando gesso durante a avaliação. Em termos de valores médios, não há claramente como afirmar que meninos ou meninas possuem valores diferentes.

Tabela 3. Distribuição e tendência central das variáveis conteúdo mineral ósseo e densidade mineral óssea em cada segmento corporal avaliado.

	Total		Meninos		Meninas	
	n	x±dp	n	x±dp	n	x±dp
CMO						
Total	159	1222,17±272,90	84	1234,00±253,77	75	1208,92±294,00
TSC	159	882,10±242,19	84	880,00±220,05	75	884,42±266,05
Braços	159	130,68±34,49	84	129,44±31,00	75	132,07±38,19
Tronco	160	330,03±86,28	85	331,19±78,52	75	328,72±94,84
Coluna	160	71,95±21,55	85	70,44±18,05	75	73,64±24,92
Pelve	160	126,25±34,34	85	126,6±31,36	75	125,76±37,61
Pernas	160	424,94±130,93	85	426,11±124,49	75	423,62±138,71
DMO						
Total	159	0,847±0,091	84	0,849±0,086	75	0,845±0,096
TSC	159	0,717±0,098	84	0,714±0,089	75	0,722±0,108
Braços	159	0,559±0,075	84	0,555±0,072	75	0,565±0,078
Tronco	160	0,677±0,090	85	0,670±0,077	75	0,684±0,103
Coluna	160	0,728±0,100	85	0,718±0,081	75	0,739±0,116
Pelve	160	0,715±0,106	85	0,706±0,094	75	0,724±0,118
Pernas	160	0,831±0,124	85	0,832±0,117	75	0,830±0,133

n: valor absoluto; x±dp: valor médio e seu respectivo desvio padrão; TSC: total sem a cabeça.

A tabela 4 e o gráfico 1 demonstram os resultados da análise de verificação de normalidade da distribuição dos dados das variáveis da aptidão física. A partir dos resultados do teste de Kolmogorv-Smirnov a única variável que apresentou distribuição com comportamento normal foi a potência de membros superiores. Todavia, podemos observar nos gráficos Q-Q que as demais variáveis não tiveram os mesmos resultados por conta dos vários valores extremos (*outliers*) tanto para um bom desempenho, quanto para desempenho ruim.

Tabela 4. Análise de normalidade de distribuição de dados a partir do teste de Kolmogorv-Smirnov.

	Estatística	gl	Valor de p
VEL	0,083	152	0,013
AGI	0,111	153	0,000
PMI	0,081	154	0,016
PMS	0,069	152	0,073

gl: graus de liberdade; valor de p: valor de probabilidade; VEL: velocidade; AGI: agilidade; PMI: potência de membros inferiores; PMS: potência de membros superiores.

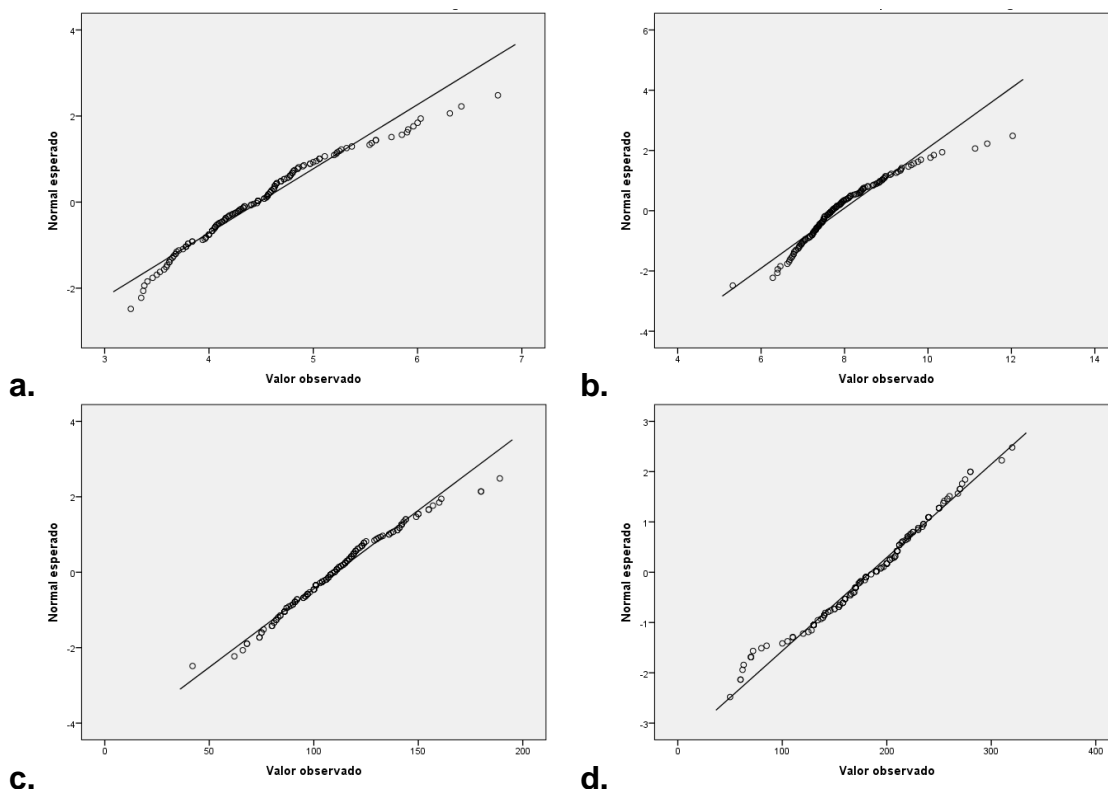


Gráfico 1. Gráficos Q-Q para representar a distribuição das variáveis: **a.** velocidade; **b.** agilidade; **c.** potência de membros inferiores; **d.** potência de membros superiores.

3.2 DIFERENÇAS DE VARIABILIDADES E ASSOCIAÇÕES

A partir do teste de Levene assumimos em todas variáveis que as variâncias são equivalentes entre os grupos. Após isso, foi verificado que a aptidão física teve variabilidade diferente nos dois sexos para velocidade, agilidade e potência de membros inferiores (tabela 5).

Tabela 5. Diferença de variabilidade entre os sexos nas variáveis da aptidão física.

	Dif. média	t	gl	Valor de p
VEL	-0,30	-2,879	150	0,005
AGI	-0,42	-2,690	151	0,008
PMI	13,54	3,629	152	0,000
PMS	16,02	1,847	150	0,067

T: valor resultado da equação do teste T; gl: graus de liberdade; valor de p: valor de probabilidade; VEL: velocidade; AGI: agilidade; PMI: potência de membros inferiores; PMS: potência de membros superiores.

Para que a melhor decisão fosse tomada com relação às análises posteriores, foram testadas as diferenças entre os sexos nas variabilidades da aptidão física em cada idade da amostra. Algumas diferenças entre os sexos foram encontradas apenas nas idades 6, 8 e 10 anos (tabela 6).

Tabela 6. Diferença de variabilidade entre os sexos nas variáveis da aptidão física em cada idade.

	Dif. média	T	gl	valor de p	Dif. média	T	gl	Valor de p
	6 anos				7 anos			
VEL	-0,63	-2,932	13,5	0,011*	-0,27	-1,004	24	0,326
AGI	-1,03	-2,424	24	0,023	0,26	0,602	25	0,552
PMI	20,69	2,636	25	0,014	9,13	1,266	25	0,217
PMS	22,49	2,161	25	0,041	-18,73	-1,017	25	0,319
	8 anos				9 anos			
VEL	-0,43	-1,999	26	0,056	-0,33	-1,836	19	0,082
AGI	-0,60	-2,499	26	0,019	-0,53	-1,646	19	0,116
PMI	12,42	1,489	26	0,149	18,27	1,711	19	0,103
PMS	52,07	2,696	24	0,013	13,04	0,795	19	0,437
	10 anos				11 anos			
VEL	-0,09	-,643	42	0,523	0,02	0,074	5	0,944
AGI	-0,50	-3,116	42	0,003	0,45	1,133	5	0,308
PMI	13,45	2,153	42	0,037	11,10	0,450	5	0,672
PMS	14,95	1,222	42	0,229	2,80	0,098	5	0,926

T: valor resultado da equação do teste T; gl: graus de liberdade; valor de p: valor de probabilidade; *: variâncias não equivalentes (Levene <0,05); VEL: velocidade; AGI: agilidade; PMI: potência de membros inferiores; PMS: potência de membros superiores.

Na tabela 7 foi possível identificar que não há uma diferença padrão entre diferentes idades. Esses resultados indicaram não haver necessidade das análises serem estratificadas por idade. Portanto baseados nesses resultados as análises de associação foram realizadas sem estratificações e as análises de curvas ROC com estratificação apenas por sexo e com a aptidão física padronizada para a idade.

Tabela 7. Diferença de variabilidade entre as idades nas variáveis da aptidão física.

		VEL		AGI		PMI		PMS	
		Dif. média	Valor de p	Dif. média	Valor de p	Dif. média	Valor de p	Dif. média	Valor de p
6	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	-0,05	1,000	-0,14	1,000	-12,48	0,623	14,74	1,000
	8	0,40	0,113	0,57	0,254	-14,22	0,290	-1,19	1,000
	9	0,85	0,000	1,01	0,002	-22,79	0,009	-64,51	0,000
	10	0,84	0,000	1,14	0,000	-26,82	0,000	-58,55	0,000
	11	0,88	0,004	0,990	0,123	-30,79	0,021	-78,85	0,000
7	6	0,05	1,000	0,14	1,000	12,48	0,623	-14,74	1,000
	7	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	0,46	0,038	0,71	0,041	-1,74	1,000	-15,93	1,000
	9	0,90	0,000	1,15	0,000	-10,31	1,000	-79,25	0,000
	10	0,89	0,000	1,28	0,000	-14,34	0,141	-73,29	0,000
	11	0,93	0,002	1,13	0,037	-18,31	0,821	-93,59	0,000
8	6	-0,40	0,113	-0,57	0,254	14,22	0,290	1,19	1,000
	7	-0,46	0,038	-0,71	0,041	1,74	1,000	15,93	1,000
	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	0,44	0,092	0,44	1,000	-8,57	1,000	-63,32	0,000
	10	0,43	0,022	0,57	0,107	-12,59	0,312	-57,35	0,000
	11	0,47	0,672	0,42	1,000	-16,57	1,000	-77,65	0,000
9	6	-0,85	0,000	-1,01	0,002	22,79	0,009	64,51	0,000
	7	-0,90	0,000	-1,15	0,000	10,31	1,000	79,25	0,000
	8	-0,44	0,092	-0,44	1,000	8,57	1,000	63,32	0,000
	9	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	-0,01	1,000	0,12	1,000	-4,02	1,000	5,96	1,000
	11	0,02	1,000	-0,02	1,000	-8,00	1,000	-14,33	1,000
10	6	-0,84	0,000	-1,14	0,000	26,82	0,000	58,55	0,000
	7	-0,89	0,000	-1,28	0,000	14,34	0,141	73,29	0,000
	8	-0,43	0,022	-0,57	0,107	12,59	0,312	57,35	0,000
	9	0,01	1,000	-0,12	1,000	4,02	1,000	-5,96	1,000
	10	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	0,04	1,000	-0,15	1,000	-3,97	1,000	-20,29	1,000
11	6	-0,88	0,004	-0,99	0,123	30,79	0,021	78,85	0,000
	7	-0,93	0,002	-1,13	0,037	18,31	0,821	93,59	0,000
	8	-0,47	0,672	-0,42	1,000	16,57	1,000	77,65	0,000
	9	-0,02	1,000	0,02	1,000	8,00	1,000	14,33	1,000
	10	-0,04	1,000	0,15	1,000	3,97	1,000	20,29	1,000
	11	-	-	-	-	-	-	-	-

Valor de p: valor de probabilidade.

Para as análises de associação, foram testadas previamente a correlação entre as variáveis que faziam parte do modelo como variáveis de ajuste (tabela 8). Foi verificado que a idade e a maturação somática possuem correlação alta. Nesse sentido as análises de associação foram ajustadas apenas por sexo, maturação somática e percentual de gordura.

Tabela 8. Correlação entre as variáveis de ajuste dos modelos de regressão (teste de multicolineariedade).

	%G	Idade
DPVC	r: 0,43	r: 0,74
%G	-	r: 0,17

DPVC: distância para pico de velocidade de crescimento; %G: percentual de gordura; r: valor de correlação.

A correlação entre as variáveis da aptidão física e os indicadores de massa óssea foi testada previamente (apêndice 3). A associação da velocidade com os indicadores de massa óssea apresentou uma magnitude que variou entre -11,21 (coluna) e -215,91 (corpo total) para o conteúdo mineral ósseo e de -0,043 a -0,108 para a densidade mineral óssea na análise bruta (Tabela 9). Quando as demais variáveis foram inseridas na análise, a magnitude da associação foi de -0,38 (TSC) a -48,95 (corpo total) para o conteúdo mineral ósseo e -0,019 a -0,049 para a densidade mineral óssea, embora algumas variáveis tenham perdido a significância estatística após o ajuste.

Considerando as variáveis de ajuste constantes, a velocidade se associou com: conteúdo mineral ósseo do corpo total (a cada 1s a mais no teste de corrida de 20m estima-se uma redução de 49g de conteúdo mineral ósseo) e das pernas (a cada 1s a mais no teste de corrida de 20m estima-se uma redução de 29g de conteúdo mineral ósseo), assim como a densidade mineral óssea da pelve e das pernas onde ambas apresentaram uma redução de 0,049g/cm² a cada segundo a mais no teste de corrida de 20m.

O valor do coeficiente de determinação (R²) em todas as análises foi alto, indicando que a velocidade, o sexo, o percentual de gordura e maturação somática formam um importante conjunto de variáveis para explicar a variabilidade do conteúdo mineral ósseo em alguns segmentos corporais e da densidade mineral óssea em todos os segmentos corporais.

Tabela 9. Estimativa da variabilidade do conteúdo e densidade mineral óssea em diferentes segmentos corporais a partir das variáveis velocidade, sexo, maturação somática e percentual de gordura.

	Análise bruta			R ²	Análise ajustada*		
	β	IC 95%	Valor de p		β	IC 95%	Valor de p
CMO							
Total	-215,91	-272,09 - -159,74	0,000	0,79	-48,95	-89,50 - -8,40	0,018
TSC	-179,75	-231,05 - -128,44	0,000	0,82	-0,38	-72,07 - -5,83	0,021
Braços	-23,64	-30,99 - -16,30	0,000	0,75	-1,57	-7,10 - 3,95	0,575
Tronco	-54,60	-73,61 - -35,58	0,000	0,68	-10,24	-25,96 - 5,47	0,200
Coluna	-11,21	-16,21 - -6,21	0,000	0,68	-0,37	-4,34 - 3,60	0,854
Pelve	-28,37	-35,31 - -21,42	0,000	0,72	-7,12	-12,99 - -1,24	0,018
Pernas	-106,79	-133,53 - -80,05	0,000	0,82	-29,50	-47,31 - -11,68	0,001
DMO							
Total	-0,074	-0,093 - -0,056	0,000	0,57	-0,036	-0,055 - -0,017	0,000
TSC	-0,078	-0,098 - -0,057	0,000	0,70	-0,037	-0,055 - -0,020	0,000
Braços	-0,043	-0,059 - -0,026	0,000	0,44	-0,019	-0,037 - -0,001	0,043
Tronco	-0,061	-0,081 - -0,041	0,000	0,60	-0,030	-0,048 - -0,011	0,002
Coluna	-0,053	-0,076 - -0,030	0,000	0,56	-0,028	-0,050 - -0,006	0,012
Pelve	-0,082	-0,104 - -0,060	0,000	0,56	-0,041	-0,064 - -0,018	0,001
Pernas	-0,108	-0,133 - -0,083	0,000	0,73	-0,049	-0,070 - -0,028	0,000

β : valor do coeficiente de regressão; IC95%: intervalo de confiança de 95%; valor de p: valor de probabilidade estatística; R²: coeficiente de determinação ajustado; CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; TSC: corpo total sem a cabeça.

A associação da agilidade com os indicadores de massa óssea (tabela 10) apresentou uma magnitude que variou entre -5,86 (coluna) e -126,44 (corpo total) para o conteúdo mineral ósseo e de -0,023 a -0,064 para a densidade mineral óssea na análise bruta. Quando as demais variáveis foram inseridas na análise, apenas o conteúdo mineral ósseo das pernas manteve associação significativa com uma magnitude de -14,48 (a cada 1s a mais no teste do quadrado de 4x4m estima-se uma redução de 14g de conteúdo mineral ósseo das pernas). Sobre a densidade mineral óssea, considerando o ajuste, os valores do corpo total e corpo total sem a cabeça, mantiveram associação com magnitude de -0,015 e -0,016, respectivamente, e os valores das pernas mantiveram associação com uma magnitude de -0,024 (a cada 1s a mais no teste do quadrado de 4x4m estima-se uma redução de 0,024g/cm² de densidade mineral óssea). Além desses resultados, o valor do coeficiente de determinação (R²) ajustado indicam que a agilidade, o sexo, o percentual de gordura e maturação somática formam um importante conjunto de variáveis para explicar a variabilidade do conteúdo e da densidade mineral óssea em alguns segmentos corporais.

Tabela 10. Estimativa da variabilidade do conteúdo e densidade mineral óssea em diferentes segmentos corporais a partir das variáveis agilidade, sexo, maturação somática e percentual de gordura.

	Análise bruta			R ²	Análise ajustada*		
	β	IC 95%	Valor de p		β	IC 95%	Valor de p
CMO							
Total	-126,44	-165,66 - -87,22	0,000	0,78	-21,45	-46,46 - 3,54	0,092
TSC	-104,35	-139,96 - -68,73	0,000	0,81	-15,52	-35,98 - 4,93	0,136
Braços	-14,73	-19,75 - -9,70	0,000	0,74	-1,84	-5,29 - 1,60	0,293
Tronco	-30,58	-43,69 - -17,47	0,000	0,68	-1,72	-11,33 - 7,89	0,724
Coluna	-5,86	-9,28 - -2,45	0,001	0,68	0,91	-1,52 - 3,36	0,460
Pelve	-15,21	-20,24 - -10,17	0,000	0,71	-1,10	-4,75 - 2,53	0,549
Pernas	-63,28	-82,00 - -44,56	0,000	0,82	-14,48	-25,52 - -3,44	0,010
DMO							
Total	-0,043	-0,056 - -0,030	0,000	0,55	-0,016	-0,028 - -0,004	0,009
TSC	-0,044	-0,058 - -0,030	0,000	0,68	-0,015	-0,026 - -0,004	0,008
Braços	-0,023	-0,034 - -0,011	0,000	0,41	-0,005	-0,016 - 0,007	0,416
Tronco	-0,034	-0,048 - -0,020	0,000	0,58	-0,011	-0,022 - 0,001	0,069
Coluna	-0,030	-0,046 - -0,014	0,000	0,54	-0,011	-0,025 - 0,002	0,108
Pelve	-0,045	-0,060 - -0,029	0,000	0,54	-0,014	-0,028 - 0,000	0,056
Pernas	-0,064	-0,081 - -0,047	0,000	0,71	-0,024	-0,037 - -0,010	0,001

β: valor do coeficiente de regressão; IC95%: intervalo de confiança de 95%; valor de p: valor de probabilidade estatística; R²: coeficiente de determinação ajustado; CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; TSC: corpo total sem a cabeça.

A associação da potência de membros inferiores com os indicadores de massa óssea (tabela 11) apresentou uma magnitude que variou entre 0,48 (braços) e 4,10 (corpo total) para o conteúdo mineral ósseo e de 0,001 a 0,002 para a densidade mineral óssea na análise bruta. Quando as demais variáveis foram inseridas na análise, apenas o conteúdo mineral ósseo das pernas manteve associação significativa com uma magnitude de 1,07 (a cada 1cm a mais no teste de salto horizontal estima-se um aumento de 1,07g de conteúdo mineral ósseo das pernas). Com relação à densidade mineral óssea, considerando o sexo, a maturação somática e o percentual de gordura constantes, apenas os valores da coluna não mantiveram associação significativa, entretanto todas as demais apresentaram uma magnitude muito baixa ($\beta=0,001$) onde a cada 1cm a mais no teste de salto horizontal, estima-se um aumento de 0,001g/cm² de densidade mineral óssea. Esses resultados também apresentaram altos valores de coeficiente de determinação (R²) ajustado.

Tabela 11. Estimativa da variabilidade do conteúdo e densidade mineral óssea em diferentes segmentos corporais a partir das variáveis potência de membros inferiores, sexo, maturação somática e percentual de gordura.

	Análise bruta			R ²	Análise ajustada*		
	β	IC 95%	Valor de p		β	IC 95%	Valor de p
CMO							
Total	4,10	2,37 – 5,83	0,000	0,79	1,71	0,57 – 2,86	0,004
TSC	3,23	1,62 – 4,84	0,000	0,82	1,49	0,54 – 2,43	0,002
Braços	0,48	0,27 – 0,70	0,000	0,75	0,19	0,40 – 0,35	0,014
Tronco	0,98	0,42 – 1,54	0,001	0,69	0,59	0,15 – 1,03	0,008
Coluna	0,12	-0,02 – 0,26	0,107	0,67	0,009	-0,10 – 0,12	0,875
Pelve	0,60	0,38 – 0,82	0,000	0,72	0,23	0,06 – 0,40	0,007
Pernas	2,04	1,21 – 2,87	0,000	0,83	1,07	0,58 – 1,57	0,000
DMO							
Total	0,001	0,001 – 0,002	0,000	0,55	0,001	0,000 – 0,001	0,005
TSC	0,001	0,001 – 0,002	0,000	0,69	0,001	0,000 – 0,001	0,001
Braços	0,001	0,001 – 0,002	0,000	0,43	0,001	0,000 – 0,001	0,008
Tronco	0,001	0,000 – 0,001	0,007	0,58	0,001	0,000 – 0,001	0,039
Coluna	0,001	0,000 – 0,001	0,217	0,54	0,000	0,000 – 0,001	0,193
Pelve	0,001	0,001 – 0,002	0,000	0,55	0,001	0,000 – 0,001	0,038
Pernas	0,002	0,001 – 0,003	0,000	0,72	0,001	0,001 – 0,002	0,000

β : valor do coeficiente de regressão; IC95%: intervalo de confiança de 95%; valor de p: valor de probabilidade estatística; R²: coeficiente de determinação ajustado; CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; TSC: corpo total sem a cabeça.

A associação da potência de membros superiores com os indicadores de massa óssea (tabela 12) apresentou uma magnitude que variou entre 0,22 (coluna) e 3,39 (corpo total) para o conteúdo mineral ósseo. A densidade mineral óssea foi a mesma em todos os segmentos corporais ($\beta=0,001$) na análise bruta. Quando as demais variáveis foram inseridas na análise, apenas o conteúdo mineral ósseo das pernas manteve associação significativa com uma magnitude de 0,82 (a cada 1cm a mais no teste de salto horizontal estima-se um aumento de 0,82g de conteúdo mineral ósseo das pernas). Com relação à densidade mineral óssea, considerando o sexo, a maturação somática e o percentual de gordura constantes, os valores do corpo total e corpo total sem a cabeça, além das pernas mantiveram associação significativa, entretanto assim como as demais variáveis apresentaram uma magnitude praticamente inexistente ($\beta<0,0001$) onde a cada 1cm a mais no teste de arremesso de *medicine ball* de 2kg, estima-se um aumento menor que 0,0001g/cm² de densidade mineral óssea. Esses resultados também apresentaram altos valores de coeficiente de determinação (R²) ajustado.

Tabela 12. Estimativa da variabilidade do conteúdo e densidade mineral óssea em diferentes segmentos corporais a partir das variáveis potência de membros superiores, sexo, maturação somática e percentual de gordura.

	Análise bruta			R ²	Análise ajustada*		
	β	IC 95%	Valor de p		β	IC 95%	Valor de p
CMO							
Total	3,39	2,78 - ,01	0,000	0,79	0,82	0,32 – 1,32	0,000
TSC	3,01	2,45 – 3,56	0,000	0,82	0,65	0,24 – 1,06	0,002
Braços	0,41	0,34 – 0,49	0,000	0,76	0,11	0,04 – 0,18	0,001
Tronco	0,96	0,75 – 1,17	0,000	0,68	0,19	-0,001 – 0,38	0,051
Coluna	0,22	0,16 – 0,27	0,000	0,68	0,32	-0,17 – 0,82	0,194
Pelve	0,39	0,31 – 0,47	0,000	0,79	0,08	0,01 – 0,16	0,020
Pernas	1,64	1,35 – 1,94	0,000	0,82	0,38	0,16 – 0,60	0,001
DMO							
Total	0,001	0,001 – 0,001	0,000	0,55	0,000	0,000 – 0,001	0,030
TSC	0,001	0,001 – 0,001	0,000	0,67	0,000	0,000 – 0,001	0,018
Braços	0,001	0,001 – 0,001	0,000	0,41	0,000	0,000 – 0,000	0,342
Tronco	0,001	0,001 – 0,001	0,000	0,58	0,000	0,000 – 0,000	0,030
Coluna	0,001	0,001 – 0,001	0,000	0,54	0,000	0,000 – 0,001	0,081
Pelve	0,001	0,001 – 0,001	0,000	0,53	0,000	0,000 – 0,001	0,065
Pernas	0,001	0,001 – 0,002	0,000	0,70	0,000	0,000 – 0,001	0,004

β : valor do coeficiente de regressão; IC95%: intervalo de confiança de 95%; valor de p: valor de probabilidade estatística; R²: coeficiente de determinação ajustado; CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; TSC: corpo total sem a cabeça.

3.3 ANÁLISES DE CURVAS ROC

Primeiramente as variáveis da aptidão física foram convertidas a unidades de desvio padrão (escore z) considerando a idade e sexo, dessa forma foi possível posicionar os pontos de cada criança na curva de distribuições de probabilidade sem desconsiderar algumas diferenças identificadas entre os sexos e as idades nas tabelas 5, 6 e 7 deste capítulo.

Logo após essas análises os valores de conteúdo mineral ósseo e densidade mineral óssea também foram convertidos em escore z (considerando o sexo e a idade) e classificados (tabela 13). O percentual de baixa massa óssea na amostra total variou entre 13 e 26% aproximadamente. Na grande maioria dos desfechos as meninas apresentaram maior percentual de baixa massa óssea quando comparadas com os meninos em cerca de 10%.

Tabela 13. Descrição dos desfecho para análise de curva ROC classificadas.

	Total		Meninos		Meninas	
	n	%	n	%	n	%
CMO TSC						
Massa óssea normal	135	85,4	77	91,6	59	78,7
Baixa massa óssea	23	14,6	7	8,4	16	21,3
DMO TSC						
Massa óssea normal	137	86,7	77	92,8	60	80,0
Baixa massa óssea	21	13,3	6	7,2	15	20,0
CMO MS e TRC						
Massa óssea normal	134	84,3	74	88,1	60	80,0
Baixa massa óssea	21	15,7	10	11,9	15	20,0
DMO MS e TRC						
Massa óssea normal	124	78,0	67	79,8	57	76,0
Baixa massa óssea	35	22,0	17	20,2	18	24,0
CMO CL e PL						
Massa óssea normal	130	81,3	73	85,9	57	76,0
Baixa massa óssea	30	18,8	12	14,1	18	24,0
DMO CL e PL						
Massa óssea normal	128	80,0	68	80,0	60	80,0
Baixa massa óssea	32	20,0	17	20,0	15	20,0
CMO PL e MI						
Massa óssea normal	130	81,3	73	85,9	57	76,0
Baixa massa óssea	30	18,8	12	14,1	18	24,0
DMO PL e MI						
Massa óssea normal	124	77,5	67	78,8	57	76,0
Baixa massa óssea	36	22,5	18	21,2	18	24,0
CMO MS, TRC e PL						
Massa óssea normal	129	81,1	72	85,7	57	76,0
Baixa massa óssea	30	18,9	12	14,3	18	24,0
DMO MS, TRC e PL						
Massa óssea normal	117	73,6	61	72,6	56	74,7
Baixa massa óssea	42	26,4	23	27,4	19	25,3
CMO CL, PL e MI						
Massa óssea normal	126	78,8	70	82,4	56	74,7
Baixa massa óssea	34	21,3	15	17,6	19	25,3
DMO CL, PL e MI						
Massa óssea normal	121	75,6	66	77,6	55	73,3
Baixa massa óssea	39	24,4	19	22,4	20	26,7

n: número absoluto; %: valor percentual; CMO: conteúdo mineral ósseo; DMO: densidade mineral óssea; TSC: corpo total sem a cabeça; MS: membros superiores; TRC: tronco; CL: coluna; PL: pelve; MI: membros inferiores.

Após a curva ROC de cada desfecho ser calculada com cada variável da aptidão física, foi identificado o desfecho em que a curva adotasse todos os critérios pré-estabelecidos. As maiores áreas sob as curvas ROC em todos os testes foram encontradas na relação com a densidade mineral óssea da coluna e da pelve, para os dois sexos. Apenas dois testes atenderam todos os critérios: corrida de 20m e arremesso de *medicine ball* de 2kg (gráficos 2 e 3).

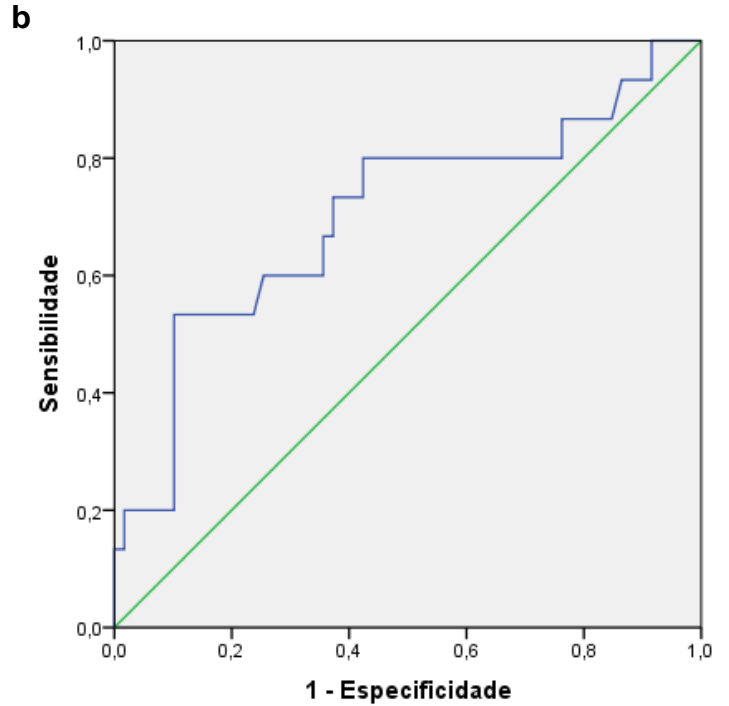
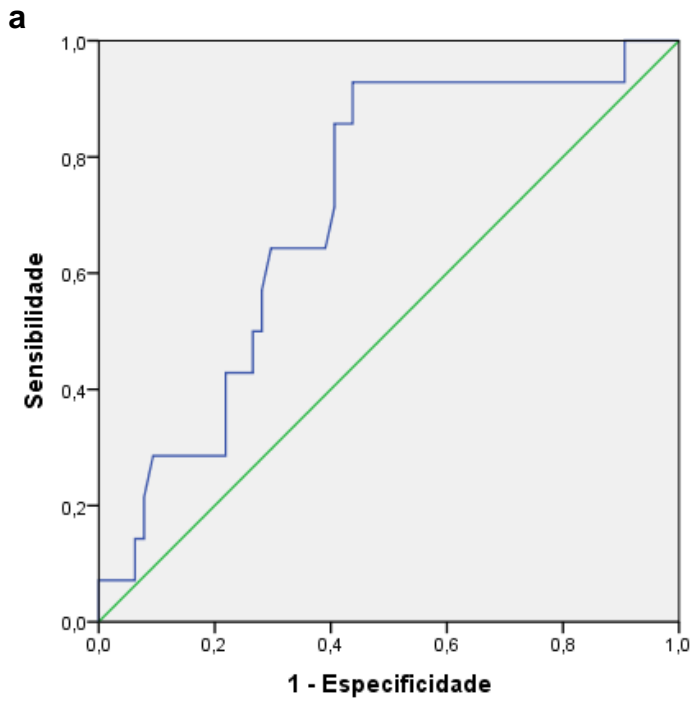


Gráfico 2. Curva ROC entre o teste de corrida de 20m e a densidade mineral óssea da coluna e da pelve de meninos (a) e meninas (b).

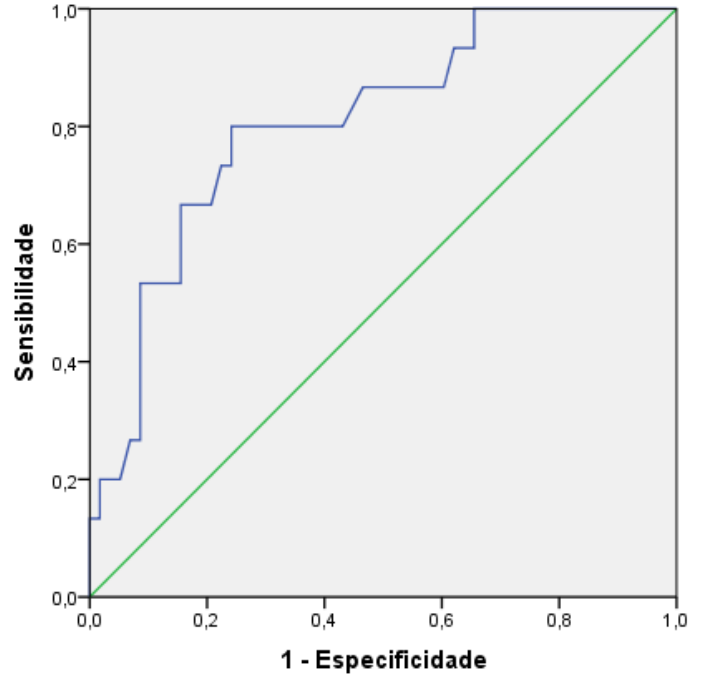
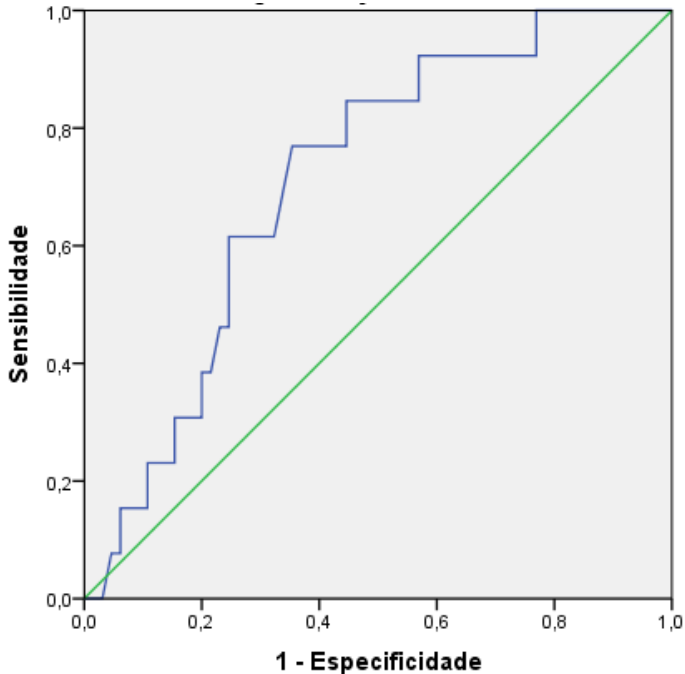


Gráfico 3. Curva ROC entre o teste de arremesso de *medicine ball* de 2kg e a densidade mineral óssea da coluna e da pelve de meninos (a) e meninas (b).

Os testes de corrida de 20m e arremesso de *medicine ball* de 2kg apresentaram valores de área sob a curva ROC maior que 0,700, com valor de probabilidade estatística significativa e intervalos de confiança aceitáveis para a identificação dos pontos de corte (tabela 14). Os testes do quadrado de 4x4m e salto horizontal não apresentaram áreas sob a curva ROC com acurácia suficiente a partir de nenhum desfecho testado, assim como descrito na tabela 14.

Tabela 14. Síntese dos resultados das áreas sob as curvas ROC entre as variáveis da aptidão física e o desfecho densidade mineral óssea da coluna e pelve.

Teste	Área sob a curva	Valor de p	IC 95%
Meninos			
Corrida de 20m	0,710	0,014	0,572-0,848
Quadrado de 4x4m	0,664	0,056	0,504-0,824
Salto horizontal	0,652	0,076	0,513-0,790
Arremesso de <i>medicine ball</i>	0,712	0,016	0,579-0,846
Meninas			
Corrida de 20m	0,703	0,016	0,538-0,867
Quadrado de 4x4m	0,641	0,093	0,477-0,806
Salto horizontal	0,539	0,643	0,385-0,693
Arremesso de <i>medicine ball</i>	0,806	0,000	0,686-0,927

Valor de p: valor de probabilidade estatística; IC 95%: intervalo de confiança de 95%.

Para os testes selecionados foram identificados na lista de pontos de corte fornecida pela análise de curva ROC o ponto de melhor ajuste entre sensibilidade e especificidade (tabela 15). Para o teste de arremesso de *medicine ball* os pontos de corte para os dois sexos foram os que apresentaram a maior soma entre a sensibilidade e especificidade. Já no teste de corrida de 20m, o ponto de corte dos meninos foi o que apresentou o maior somatório e para as meninas o quarto maior somatório, visto que os três valores anteriores eram mais específicos do que sensíveis. A partir desses valores de ponto de corte foi identificado na amostra o percentil correspondente ao valor padronizado dos testes (escore z) em cada sexo.

Tabela 15. Valores de sensibilidade e especificidade e percentil dos pontos de corte para os testes de corrida de 20m e arremesso de *medicine ball* de 2kg.

	PC (Score Z)	Sensibilidade	Especificidade	Percentil correspondente
Corrida de 20 metros				
Meninos	-0,173	0,929	0,563	47,5
Meninas	-0,038	0,800	0,576	50
Arremesso de <i>medicine ball</i> de 2Kg				
Meninos	-0,208	0,769	0,646	42,4
Meninas	-0,233	0,800	0,759	35,8

PC: ponto de corte; Kg: quilogramas

A última análise foi a identificação dos pontos de corte para cada idade em cada sexo (tabela 16). Dessa forma para cada idade foi identificado o ponto de corte na unidade de medida do teste (centímetros ou segundos) que correspondia com os percentis do sexo analisado. Sendo assim, crianças com valores abaixo do ponto de corte no teste de arremesso de *medicine ball* e valores acima do ponto de corte no teste de corrida de 20m possuem chances elevadas de ter baixa densidade mineral óssea na região da coluna e da pelve. Valores que não atingirem os pontos de corte serão chamados de zona de risco para saúde óssea e valores que atingirem os pontos de corte serão chamados de zona saudável para saúde óssea.

Tabela 16. Original. Pontos de corte para os testes de corrida de 20m e arremesso de *medicine ball* de 2kg para crianças de 6 a 11 anos de idade.

Idade	Arremesso de <i>medicine ball</i> (centímetros)		Corrida de 20 metros (segundos)	
	Meninos	Meninas	Meninos	Meninas
6	166,40	128,59	4,60	5,20
7	139,81	142,11	4,65	5,02
8	175,00	120,24	4,29	4,85
9	220,00	201,48	3,86	4,15
10	214,26	209,50	3,99	4,11
11	215,16	226,70	4,16	4,05

3.4 VALIDAÇÃO DOS PONTOS DE CORTE ENCONTRADOS

Nesta análise foi realizada a equação de regressão logística binária para identificar se a velocidade e a potência de membros superiores da amostra, categorizada com os pontos de corte propostos, estão associadas ao desfecho de saúde óssea utilizado nas análises. É possível perceber que crianças classificadas na zona de risco à saúde para a potência de membros superiores

e velocidade possuem 4 vezes mais chance de apresentarem baixa densidade mineral óssea da coluna e da pelve do que seus pares não classificados. Quando estratificados por sexo, as associações se mantêm com altas razões de chances, variando entre 2,88 a 6,63 vezes mais chance de estar com baixa densidade mineral óssea na coluna e na pelve.

Tabela 17. Associação da velocidade e da potência de membros superiores de crianças com a densidade mineral óssea da coluna e da pelve.

	OR	IC 95%	valor de p
Amostra total			
Velocidade			
Zona saudável	1	-	-
Zona de risco	4,58	1,74 – 12,05	0,002
PMS			
Zona saudável	1	-	-
Zona de risco	4,28	1,75 – 10,23	0,001
Meninos			
Velocidade			
Zona saudável	1	-	-
Zona de risco	4,71	1,19 – 18,53	0,026
PMS			
Zona saudável	1	-	-
Zona de risco	2,88	0,86 – 9,58	0,085
Meninas			
Velocidade			
Zona saudável	1	-	-
Zona de risco	4,42	1,13 – 17,33	0,033
PMS			
Zona saudável	1	-	-
Zona de risco	6,63	1,85 – 23,76	0,004

OR: razão de chances; IC 95%: intervalo de confiança de 95%; valor de p: valor de probabilidade estatística; PMS: potência de membros superiores.

CAPÍTULO 4. ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DOS RESULTADOS

Artigo original

PROJETO ESPORTE BRASIL: PERFIL DA APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE DE CRIANÇAS BRASILEIRAS NOS ÚLTIMOS 10 ANOS

Júlio Mello¹ e Adroaldo Gaya¹

1- Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Objetivo: Descrever o perfil de aptidão física relacionada à saúde de crianças brasileiras e descrever a tendência do percentual de crianças na zona de risco à saúde em cada variável no período entre 2011 e 2019. **Método:** Trata-se de estudo descritivo, longitudinal, que utilizou informações do banco de dados do Projeto Esporte Brasil. Foram selecionados 8.820 crianças com idades entre seis e 11 anos avaliados entre janeiro de 2011 e dezembro de 2019. Foram avaliados: sexo, idade, índice de massa corporal (IMC), flexibilidade, força/resistência muscular localizada (FRML), aptidão cardiorrespiratória (ApC), velocidade e potência de membros superiores. Os resultados foram descritos em médias, desvios padrão, frequências absolutas e relativas com intervalos de confiança de 95%. **Resultados:** O IMC mantém uma constante na faixa entre 25 e 30% de crianças na zona de risco à saúde. A FRML mantém uma tendência de alta (40%) ao longo dos anos assim como a ApC, embora haja uma queda brusca em 2013. As variáveis flexibilidade, velocidade e potência de membros superiores apresentam um comportamento muito semelhante onde há um decréscimo nos anos iniciais e após 2016 há uma tendência de aumento dos valores, estando próximo a 50% de crianças com desempenho em zona de risco para saúde. **Conclusão:** É alto o percentual de crianças em zona de risco à saúde na aptidão física. Houve uma tendência de aumento desses percentuais entre 2015 e 2019. Esses resultados sugerem que intervenções devem ser realizadas a nível nacional para melhorar os níveis de aptidão física das crianças.

Palavras chave: tendência, aptidão aeróbica, força muscular, flexibilidade, jovens.

ABSTRACT

Aims: To describe the health-related physical fitness profile of Brazilian children and describe the trend in the percentage of children in the health risk zone in each variable between 2011 and 2019. **Method:** This is a descriptive, longitudinal study, which used information from Projeto Esporte Brasil database. 8,820 children aged 6-11 years were evaluated between January 2011 and December 2019. Gender, age, body mass index (BMI), flexibility, localized muscle strength/resistance (LMSR), cardiorespiratory fitness (CRF), speed and power of upper limbs. The results were described as means, standard deviations, absolute and relative frequencies with 95% confidence intervals. **Results:** The BMI maintains a constant in the range between 25-30% of children in health risk zone. LMSR maintains an upward trend (40%) over the years as does the CRF, although there is a sharp drop in 2013. The variables flexibility, speed and power of upper limbs show a very similar behaviour where there is a decrease in the early years and after 2016, there is a tendency to increase the values, being close to 50% of children with performance in health risk zone. **Conclusion:** The percentage of children in health risk zone to physical fitness is high. There was a tendency for these percentages to increase between 2015 and 2019. These results suggest that interventions should be carried out at the national level to improve children's physical fitness levels.

Key words: tendency, aerobic fitness, muscle strength, flexibility, young people.

INTRODUÇÃO

Em termos de saúde pública, o monitoramento de diferentes parâmetros de saúde a nível nacional é uma estratégia eficaz para acentuar estratégias de intervenção com foco bem determinado [1]. Nesse sentido o Projeto Esporte Brasil (PROESP-Br; www.ufrgs.br/proesp/) tem monitorado a aptidão física de crianças e adolescentes brasileiros há mais de 20 anos e produzido relatórios científicos do perfil de saúde, desempenho motor e prática esportiva dos jovens brasileiros [2–5].

Com relação à aptidão física relacionada à saúde recentemente Gaya et al. (2019) [4] demonstram a tendência das variáveis índice de massa corporal, flexibilidade, aptidão cardiorrespiratória e força/resistência muscular localizada de adolescentes (10-17 anos) entre os anos de 2008 e 2014. Os principais resultados demonstram um aumento superior a 20% de adolescentes na zona de risco à saúde na variável aptidão cardiorrespiratória e entre 3 e 10% nas demais variáveis. Esses resultados estão de acordo com dados internacionais [6, 7] que apontam que os parâmetros de saúde dos jovens vêm piorando nos últimos anos.

Essas evidências acentuam as preocupações dos órgãos de saúde visto que a relação destas variáveis da aptidão física com parâmetros de saúde é bem consolidada na literatura. Algumas revisões sistemáticas têm sugerido associações fortes entre: 1) aptidão cardiorrespiratória e índice de massa corporal com a saúde mental, cardíaca, respiratória e metabólica, além da prevenção e tratamento do excesso de peso [8, 9]; 2) da força/resistência muscular localizada com a saúde cardíaca, respiratória, musculoesquelética e articular [10]; e 3) da flexibilidade com quadros de dor lombar ou dor musculoesquelética, desvios posturais, prevenção de dores e lesões nas articulações, além da mobilidade [11].

Não obstante, estudos recentes têm apontado para a inclusão de outras variáveis da aptidão física ao considerar o conjunto de valências relacionadas à saúde. Nessa perspectiva é importante consideramos a velocidade e a potência de membros superiores como indicadores de saúde óssea das crianças [12]. Dessa forma ampliamos o os desfechos de saúde infantil monitorados de forma indireta através da aptidão física.

Sendo assim, o presente estudo pretende colaborar com o monitoramento da saúde infantil através de informações sobre aptidão física relacionada à saúde a partir de uma amostra nacional. Essas informações podem ser utilizadas como diagnóstico para traçar estratégias conjuntas entre professores de educação física escolar, gestores de escola, gestores da área de saúde pública e coletiva com objetivo de frear o aumento de parâmetros de saúde em nível ruim, além do sedentarismo e da atividade física insuficiente [13]. Dessa forma o objetivo deste estudo é descrever o perfil de aptidão física relacionada à saúde de crianças brasileiras e descrever a tendência do percentual de crianças na zona de risco à saúde em cada variável no período entre 2011 e 2019.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de estudo descritivo, com abordagem quantitativa e de corte longitudinal [14].

Sujeitos da Pesquisa

Projeto Esporte Brasil

Todas informações utilizadas nesse estudo são provenientes do banco de dados do PROESP-Br, que desde 1999 conta com a participação voluntária de aproximadamente 100.000 crianças e adolescentes com idades entre 6 e 17 anos de todos os estados brasileiros, provenientes de mais de 5.000 instituições de ensino públicas, privadas e clubes esportivos.

O PROESP-Br é um instrumento de apoio para o professor de educação física avaliar os padrões de desenvolvimento corporal, estado nutricional, aptidão física relacionada à saúde e ao desempenho motor de crianças e adolescentes brasileiros. Este instrumento é composto por um manual com um conjunto de normas e critérios e um website [15] utilizado para o envio dos dados. Os dados são coletados por professores de educação física que aderirem voluntariamente ao projeto.

Ao enviar seus dados eles recebem automaticamente os relatórios individuais dos alunos com classificações sobre saúde e desempenho motor. Os dados enviados pelos professores alimentam um observatório utilizado para produção de relatórios científicos sobre aptidão física e esporte de crianças e

adolescentes brasileiros. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o parecer 2008010.

Amostra

Para este estudo foram selecionados, sem critérios de exclusão, todas as crianças com idades entre seis e 11 anos avaliados no período entre janeiro de 2011 e dezembro de 2019. Este período foi escolhido na tentativa de apresentar os dados mais atuais do projeto, representando a década atual. Portanto, a amostra foi constituída de 8.820 meninos e meninas provenientes de 13 estados brasileiros e do Distrito Federal, contemplando pelo menos um estado de cada uma das cinco regiões do Brasil.

Variáveis e procedimentos de coleta dos dados

As variáveis que fizeram parte do estudo foram: sexo (masculino e feminino), idade (em anos completos), índice de massa corporal calculado a partir da equação kg/cm^2 , flexibilidade avaliada pelo teste de sentar e alcançar sem banco, força/resistência muscular localizada avaliada pelo teste abdominais em um minuto, aptidão cardiorrespiratória avaliada pelo teste de corrida/caminhada de seis minutos, velocidade avaliada pelo teste de corrida de 20 metros, potência de membros superiores avaliada pelo teste de arremesso de *medicine ball* de 2kg.

O procedimento de coleta de dados é descrito detalhadamente no Manual de Testes e Avaliações do PROESP-Br [15] e em outros estudos [4, 16]. Antes da realização dos testes, indica-se que os adolescentes recebam orientações verbais e demonstrações quanto à execução dos mesmos. Além disto, é indicado que as crianças realizem exercícios de aquecimento corporal previamente. Indica-se realizar as avaliações antropométricas anteriormente aos testes de quadra. O desempenho das crianças é computado e digitado diretamente no website através de um cadastro pessoal realizado em nome do professor ou treinador responsável.

Para a classificação das variáveis foram utilizados os pontos de corte adotados pelo PROESP-Br para índice de massa corporal [17], Aptidão cardiorrespiratória [18], flexibilidade e força/resistência abdominal [19], velocidade e potência de membros superiores [12]. Esses pontos de corte representam uma divisão entre zona saudável e zona de risco à saúde para

diferentes parâmetros: 1) saúde cardiovascular (índice de massa corporal e Aptidão cardiorrespiratória); 2) saúde musculoesquelética (flexibilidade e força/resistência abdominal); e 3) saúde óssea (velocidade e potência de membros superiores). Portanto, chama-se zona saudável quando o rendimento do teste ou medida corporal está adequada em relação aos parâmetros de saúde; e zona de risco à saúde, quando o rendimento do teste ou a medida corporal está inadequada em relação aos parâmetros de saúde.

Análise estatística

Para o tratamento dos dados foi utilizada análise descritiva com médias, desvios padrão e erros padrão para as variáveis contínuas e frequências absolutas e relativas para as variáveis categóricas. As análises foram realizadas no pacote estatístico SPSS for Windows versão 20.0.

RESULTADOS

A descrição da amostra em cada ano estudado é apresentada na tabela 1. Os valores médios de desempenho nos testes físicos e de IMC permitem com que sejam observadas algumas alterações conforme a mudança anual. O IMC é a variável que menos alterou a variabilidade em todo o período.

Tabela 1. Tendência central e dispersão dos valores referentes ao IMC, flexibilidade, força/resistência abdominal, aptidão cardiorrespiratória, velocidade e potência de membros superiores de crianças brasileiras no período entre 2011 e 2019.

	2011	2012	2013	2014	2015
	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$	$\bar{x} \pm DP$
IMC (kg/m²)	17,99±3,74	17,83±3,78	17,95±3,48	18,22±3,72	19,12±3,80
FLE(cm)	38,53±9,93	40,10±17,09	34,81±10,97	36,10±8,14	34,14±9,25
FRL (rep/min)	30,86±9,53	26,71±10,28	27,54±10,25	23,87±8,54	28,73±9,67
ApC (m)	826,14±138,50	832,08±222,11	972,14±246,53	817,79±141,36	823,90±177,61
VEL (s)	4,27±0,56	4,64±0,90	4,87±1,34	4,15±0,51	4,39±0,67
PMS (cm)	240,82±69,26	206,63±68,03	201,70±66,04	212,95±54,64	248,12±73,74
	2016	2017	2018	2019	
IMC (kg/m²)	18,72±3,92	18,70±3,85	18,50±3,87	18,51±4,23	
FLE(cm)	36,85±8,99	32,77±11,64	32,24±10,71	34,21±16,02	
FRL (rep/min)	29,15±9,41	27,04±9,26	22,99±12,87	21,27±13,92	
ApC (m)	818,18±162,11	826,40±157,82	818,57±196,20	825,17±220,67	
VEL (s)	4,06±0,62	4,40±0,80	4,60±0,78	4,66±1,04	
PMS (cm)	255,70±60,13	246,29±67,04	229,01±69,92	219,83±64,10	

N: número amostral; \bar{x} : valor médio; DP: desvio padrão; IMC: índice de massa corporal; FLE: flexibilidade; FRL: força/resistência muscular localizada; ApC: aptidão cardiorrespiratória; VEL: velocidade; PMS: potência de membros superiores.

Quando as variáveis são classificadas é possível perceber o elevado percentual de crianças na zona de risco à saúde em todas as variáveis. Quando analisamos a tendência desses valores percentuais de crianças em zona de risco desde 2011 é possível perceber que o IMC mantém uma constante na faixa entre 25 e 30%. A força/resistência muscular mantém uma tendência de alta ao longo dos anos assim como a ApC, embora haja uma queda brusca em 2013. As variáveis flexibilidade, velocidade e potência de membros superiores apresentam um comportamento muito semelhante onde há um decréscimo nos anos iniciais e após 2016 há uma tendência de aumento dos valores (gráfico 1).

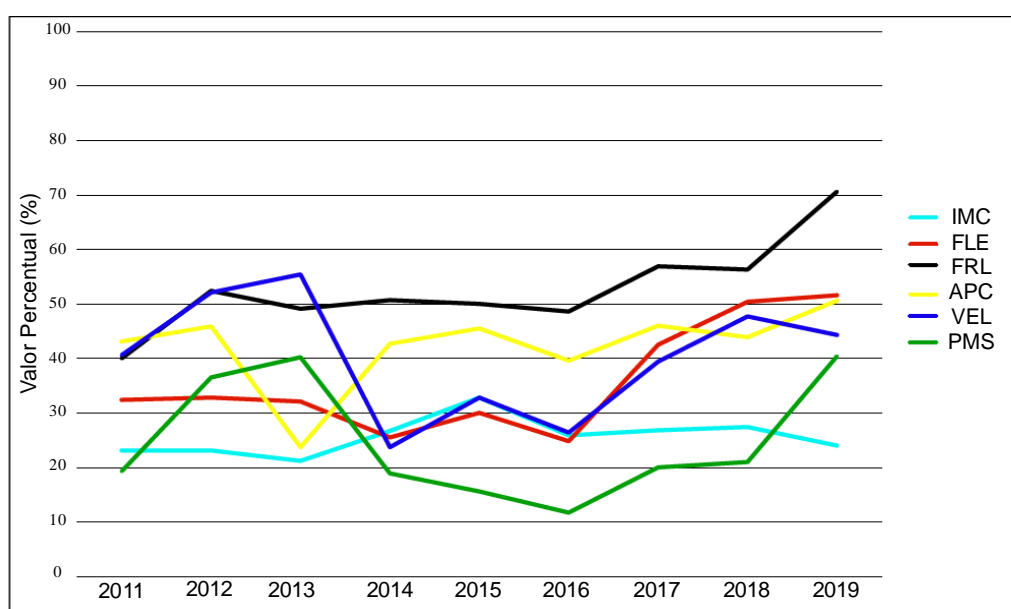


Gráfico 1. Tendência do percentual de crianças de seis a 11 anos de idade na zona de risco nas variáveis da aptidão física relacionada à saúde no período entre 2011 e 2019. IMC: índice de massa corporal; FLE: flexibilidade; FRL: força/resistência muscular localizada; APC: aptidão cardiorrespiratória; VEL: velocidade; PMS: potência de membros superiores.

DISCUSSÃO

Este estudo fornece uma atualização sobre a aptidão física relacionada à saúde de crianças brasileiras com dados coletados no período entre 2011 e 2019. Em síntese os resultados demonstram uma tendência semelhante em todas as variáveis que compõem a aptidão física relacionada à saúde das crianças brasileiras. Essa tendência pareceu ser de diminuição do percentual

de crianças em zona de risco à saúde entre o período de 2011 e 2014, porém os percentuais tenderam a aumentar consideravelmente até 2019.

Como era de se esperar, os desempenho médio dos meninos em toda a amostra foi maior que o das meninas [6, 10, 20], exceto na flexibilidade. Outros estudos brasileiros reportaram que meninas em todas as faixas etárias são mais flexíveis que meninos [21]. Esses resultados também estão de acordo com relatórios internacionais de aptidão física infanto-juvenil [22, 23].

O percentual de crianças em zona de risco para saúde para o índice de massa corporal foi em torno de 25% (meninos=24%; meninas=27%). Esses resultados são coerentes com estudos que relatam o estado nutricional de crianças e adolescentes brasileiros. No Brasil aproximadamente 13% das crianças são obesas e aproximadamente 20% apresentam excesso de peso (sobrepeso) [3, 24]. Essa condição é um forte indício de que a criança pode desenvolver alguma doença cardiovascular em longo prazo [3, 24].

O perfil de saúde cardiovascular é ainda complementado pelos resultados de aptidão cardiorrespiratória. O presente estudo apresentou um percentual de crianças em zona de risco em torno de 45% (meninos = 43; meninas = 46), que de certa forma está abaixo de outros estudos nacionais que indicaram percentuais variando entre 60 e 90% [6, 25]. Todavia, diversas pesquisas de tracking indicam que com o avançar da idade os níveis de aptidão aeróbia tendem a diminuir [26], o que ocasionaria em um número maior de adolescentes em zona de risco à saúde.

As variáveis de força muscular localizada e potência de membros superiores tem implicações diretas na saúde musculoesquelética e óssea [19, 27]. O percentual de crianças em zona de risco à saúde variou aproximadamente entre 30% (saúde óssea) e 50% (saúde musculoesquelética). Os resultados em termos de força muscular localizada divergem de estudos recentes na literatura que apontam percentuais mais altos (próximos a 80%) e mais baixos (próximos a 20%) na faixa etária do presente estudo [11, 28].

Com relação à saúde óssea esse é o primeiro estudo que utiliza dessa abordagem de classificação da aptidão física, o que impede comparações com outros estudos. Assim como a força muscular localizada, a velocidade também teve um percentual de crianças em zona de risco à saúde de aproximadamente

50%. Esses resultados demonstram que muitas crianças tem as capacidades físicas relacionadas ao crescimento em níveis que podem ser comprometedores para uma boa saúde na vida adulta [10].

Esses resultados são corroborados pelos percentuais de crianças com flexibilidade em zona de risco à saúde (meninos = 38%; meninas = 50%). Os resultados em desempenho médio (cm) são coerentes com estudos nacionais [19, 28] e internacionais [7], todavia, os pontos de corte também são mais exigentes para as meninas. Dessa forma, mesmo as meninas apresentando valores médios maiores, os resultados de perfil de saúde corroboram a tese de que o perfil de aptidão física global das meninas está pior do que o dos meninos, tanto em termos de saúde como desempenho motor [4, 6, 7, 29].

Na última década houve dois períodos de tendências diferentes (figura 1). Entre os anos de 2011 e 2014 houve um decréscimo no percentual de crianças em zona de risco. Esse decréscimo foi menos acentuado na força muscular localizada e na flexibilidade, porém muito acentuado na aptidão cardiorrespiratória, velocidade e potência de membros superiores. No segundo momento, entre 2015 e 2019 há um aumento nesse percentual em todas as variáveis exceto no índice de massa corporal.

Outros relatórios internacionais apontam um declínio no nível global de aptidão física das crianças [6, 7, 29]. Além do mais, resultados de aptidão física, são um reflexo do nível de atividade física e prática esportiva. Comportamentos como atividade física, comportamento sedentário e a prática de esportes (lazer e competitivo) são os principais fatores que modificam a aptidão física das crianças [30]. Nesse sentido, um recente estudo [5] demonstram que crianças brasileiras possuem um baixo o envolvimento com esportes estruturados, além dos níveis de atividade física estarem diminuindo ao longo dos últimos anos.

Esses resultados refletem também na tendência apresentada pelo índice de massa corporal, que apesar de apresentar um percentual baixo e mudanças sutis, há períodos (ex. 2015) em que o percentual aumenta significativamente e após isso se mantém. Uma atualização dos dados globais de índice de massa corporal de crianças, adolescentes e adultos apontou que se essa tendência – que se mantém desde 2000 – continuar o Brasil terá daqui 10 anos aproximadamente 11,3 milhões de crianças obesos na próxima década [24].

As evidências levantadas por esse estudo podem conduzir estratégias com enfoque no aumento dos níveis de aptidão física assim como na redução do excesso de peso de crianças brasileiras. Pontos fortes deste estudo são apresentar dados de uma amostra nacional e considerar diferentes componentes da saúde infantil. Todavia este estudo possui limitações, que envolvem não considerar possíveis fatores de confusão como o nível de atividade física e maturação da amostra. Além disso, embora seja uma amostra nacional, esses dados são de crianças e professores que aderem voluntariamente ao PROESP-Br, podendo haver algum tipo de viés de amostra que não somos capazes de identificar.

CONCLUSÃO

A força/resistência muscular localizada e a velocidade são variáveis onde mais de 50% das crianças encontram-se em zona de risco à saúde. O IMC e a potência de membros superiores dos meninos apresentam percentuais abaixo dos 30%, enquanto que a força/resistência muscular localizada dos meninos, a flexibilidade e a ApC das meninas apresentam valores superior a 50%. Nos últimos anos, parece haver uma tendência de aumento do percentual de crianças em zona de risco à saúde em todas as variáveis, exceto no IMC que parece estável.

Estes resultados sugerem que estratégias em educação física escolar devem contemplar exercícios físicos, esportes, jogos, danças e atividades físicas gerais que promovam efeitos positivos nessas variáveis de aptidão física. Sugere-se ainda que gestores escolares e da área da saúde pública e coletiva incentivem ações para dar suporte à educação física escolar além de promoverem ações para estimular a prática de atividades físicas de crianças em outros ambientes.

REFERÊNCIAS

1. Tremblay MS, Gonzalez SA, Katzmarzyk PT, Onywera VO, Reilly JJ (2015) Physical Activity Report Cards: Active Healthy Kids Global Alliance and the Lancet Physical Activity Observatory. *J Phys Act Heal* 12:297–298
2. Bergmann GG, de Araújo MLB, Garlipp DC, Lorenzi T del C, Gaya A (2005) Alteração anual no crescimento e na aptidão física relacionada à saúde de escolares. *Rev Bras Cineantropometria e Desempenho Hum*

- 7:55–61
3. Flores LS, Gaya AR, Petersen RDS, Gaya A (2013) Trends of underweight, overweight, and obesity in Brazilian children and adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 89:456–461
 4. Gaya AR, Mello JB, Dias AF, Brand C, Cardoso VD, Nagorny GAK, Mota J, García-Hermoso A, Gaya ACA (2019) Temporal trends in physical fitness and obesity among Brazilian children and adolescents between 2008 and 2014. *J Hum Sport Exerc.*
 5. Mello J, Pedretti A, Caporal G, Mahique J, Ferreira A, Reppold-Filho A, Gaya A (2020) Secular trend of sports practice of Brazilian children and young people in the decade of mega-sport events. *J Hum Sport Exerc.*
 6. Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS (2019) Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *Br J Sports Med* 53:478–486
 7. Colley RC, Clarke J, Doyon CY, Janssen I, Lang JJ, Timmons BW, Tremblay MS (2019) Trends in physical fitness among Canadian children and youth. *Heal Reports* 30:3–13
 8. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, Lambourne K, Szabo-Reed AN (2016) Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 48:1197–1222
 9. Houston J, Kulinna P (2014) Health-Related Fitness Models in Physical Education. *Strategies* 27:20–26
 10. García-Hermoso A, Ramírez-Campillo R, Izquierdo M (2019) Is Muscular Fitness Associated with Future Health Benefits in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal Studies.
 11. Gasibat Q, Bin Simbak N, Abd Aziz A (2017) Stretching Exercises to Prevent Work-related Musculoskeletal Disorders – A Review Article. *Am J Sport Sci Med.*
 12. Mello JB (2020) Aptidão física relacionada à saúde de crianças: uma proposta para a identificação do risco de baixa massa óssea a partir de testes físicos. Tese de doutorado (em avaliação).
 13. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC (2020) Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *Lancet Child Adolesc Heal* 4:23–35
 14. Gaya A, Colaboradores (2016) *Projetos de Pesquisa Científica e Pedagógica Científica e Pedagógica O desafio da iniciação científica O desafio da iniciação científica.* Belo Horizonte
 15. Gaya A, Gaya AR (2016) *Manual de aplicação de medidas e testes, normas e critérios de avaliação.* Porto Alegre
 16. Mello JB, Nagorny GAK, De Castro Haiachi M, Gaya AR, Gaya ACA (2016) Projeto Esporte Brasil: Physical fitness profile related to sport performance of children and adolescents. *Rev Bras Cineantropometria e Desempenho Hum.*
 17. Bergmann GG, Gaya A, Halpern R, Bergmann ML de A, Rech RR, Constanzi CB, Alli LR (2011) Índice de massa corporal para triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. *Arq Bras*

- Endocrinol Metabol 55:114–120
18. Bergmann GG, Gaya ACA, Halpern R, Bergmann ML de A, Rech RR, Constanzi CB, Alli LR (2010) Pontos de corte para a aptidão cardiorrespiratória e a triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. *Rev Bras Med do Esporte* 16:339–343
 19. Dorneles RCG, Oliveira HL da R, Bergmann ML de A, Bergmann GG (2015) Flexibility and muscle strength/resistance indicators and screening of low back pain in adolescents. *Rev Bras Cineantropom Hum* 93–102
 20. Cadenas-Sanchez C, Intemann T, Labayen I, et al (2019) Physical fitness reference standards for preschool children: The PREFIT project. *J Sci Med Sport* 22:430–437
 21. Batista KR de O, Couto JDO, Oliveira MGD de, Silva RJ dos S (2018) Flexibilidade em crianças e adolescentes brasileiros: uma revisão sistemática. *Brazilian J Kinanthropometry Hum Perform* 20:472–482
 22. McKay MJ, Baldwin JN, Ferreira P, Simic M, Vanicek N, Burns J (2017) Normative reference values for strength and flexibility of 1,000 children and adults. *Neurology* 88:36–43
 23. Mikkelsen LO (2006) Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study. *Br J Sports Med* 40:107–113
 24. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, et al (2017) Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* 390:2627–2642
 25. Silva DAS, Petroski EL, Gaya ACA (2017) Secular changes in aerobic fitness levels in brazilian children. *Rev Bras Med do Esporte* 23:450–454
 26. Werneck AO, Silva DR, Agostinete RR, Fernandes RA, Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva MJ, Ronque ERV (2019) Tracking of cardiorespiratory fitness from childhood to early adolescence: moderation effect of somatic maturation. *Rev Paul Pediatr* 37:338–344
 27. Costa D, Brugnara Mello J, Filipe Lemos L, Aires Í, Sena E, Reis Gaya A, Mota J, Martins C (2020) Bone mark changes after an eight-month intervention in an osteogenic sport and in physical education in low-income children. *Sci Sports* 35:174.e1-174.e10
 28. Lemos AT de, Santos FR dos, Moreira RB, Machado DT, Braga FCC, Gaya ACA (2013) Ocorrência de dor lombar e fatores associados em crianças e adolescentes de uma escola privada do sul do Brasil. *Cad Saude Publica* 29:2177–2185
 29. Sandercock GRH, Cohen DD (2019) Temporal trends in muscular fitness of English 10-year-olds 1998–2014: An allometric approach. *J Sci Med Sport* 22:201–205
 30. Hulteen RM, Morgan PJ, Barnett LM, Stodden DF, Lubans DR (2018) Development of Foundational Movement Skills: A Conceptual Model for Physical Activity Across the Lifespan. *Sport Med* 48:1533–1540

CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Discussão

Conclusões

Defesa da tese

5.1 DISCUSSÃO

Esta tese fornece resultados sobre a associação da aptidão física de crianças com indicadores de saúde óssea. A partir dessas associações, foi possível identificar pontos de corte para dois testes de aptidão física com critérios referenciados a partir dos próprios indicadores de saúde óssea. A partir dessa proposta, foi realizado um estudo longitudinal de descrição da aptidão física relacionada à saúde de crianças brasileiras.

O principais resultados de associação apontam que, considerando a maturação somática, o sexo e o percentual de gordura constantes: 1) a velocidade apresenta associação com o conteúdo mineral ósseo do corpo total, da pelve e das pernas, assim como, com a densidade mineral óssea de todos os segmentos corporais; 2) a agilidade apresenta associação com o conteúdo mineral ósseo apenas das pernas e com a densidade mineral óssea do corpo total e das pernas; 3) a potência de membros inferiores apresenta associação com o conteúdo mineral ósseo das pernas e densidade mineral óssea de todos os segmentos corporais, exceto coluna; 4) a potência de membros superiores apresenta associação com o conteúdo mineral ósseo das pernas e com a densidade mineral óssea do corpo total e das pernas.

O resultados sobre a proposição de pontos de corte indicaram que, para meninos e meninas, os testes de arremesso de *medicine ball* e corrida de 20 metros apresentaram acurácia suficiente para a identificação de pontos de corte para a triagem de crianças com maiores chances de possuir baixa densidade mineral óssea na coluna e na pelve. A aplicabilidade desses resultados foi demonstrada em um estudo original que descreve o perfil da aptidão física relacionada à saúde. Este estudo demonstra que é alto o percentual de crianças em zona de risco à saúde para as diferentes variáveis da aptidão física e que este percentual vem aumentando ao longo dos anos.

Vários estudos investigaram a associação entre o nível de atividade física e massa óssea em crianças e adolescentes (DIONYSSIOTIS *et al.*, 2010; GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2017; SARDINHA; BAPTISTA; EKELUND, 2008; WEEKS; BECK, 2010). No entanto, poucos estudos tratam especificamente da relação entre a aptidão física e a massa óssea na infância, apesar de estudos longitudinais demonstrarem que apenas a força muscular e a velocidade estão

relacionadas à densidade mineral óssea na idade adulta (BARNEKOW-BERGKVIST *et al.*, 2006; KEMPER *et al.*, 2000).

Os resultados da presente pesquisa estão de acordo com os estudos supracitados, porém em partes. Ao investigar os diferentes segmentos corporais, as associações puderam ser exploradas considerando o potencial efeito regional do exercício físico nos ossos (FUCHS; BAUER; SNOW, 2001; LU *et al.*, 2009; MCKAY *et al.*, 2000; PETIT *et al.*, 2005; TØNNESEN *et al.*, 2016; WILKINSON *et al.*, 2017). Portanto, nossos resultados vão ao encontro dos resultados relatados por Moraes *et al.* (2013), em que os autores demonstraram que a força abdominal (resistência muscular localizada) e o salto horizontal (potência muscular) contribuem positivamente para parâmetros estruturais em alguns ossos específicos.

Do mesmo modo, Ginty *et al.* (2005) sugerem que há uma associação positiva entre a densidade mineral óssea total e de regiões específicas com a aptidão cardiorrespiratória e força muscular adolescentes meninos. Vicente-Rodríguez *et al.* (2008) demonstram também uma associação entre a aptidão cardiorrespiratória, potência, velocidade e agilidade com a densidade mineral óssea.

Os dados da literatura sobre a associação entre aptidão física e massa óssea ainda são controversos. Embora os estudos longitudinais tenham apontado que capacidades físicas específicas como fatores influentes na osteogênese em longo prazo (KEMPER, 2000; VICENTE-RODRÍGUEZ *et al.*, 2008), outros estudos mostraram associação que somente aptidão muscular (SAYERS *et al.*, 2011) se associa à densidade mineral óssea, apesar de outros encontrarem relação com aptidão cardiorrespiratória (DIB *et al.*, 2005; GINTY *et al.*, 2005; VICENTE-RODRÍGUEZ *et al.*, 2008).

Essas associações entre variáveis de massa óssea e aptidão física podem ser pautadas a partir das evidências sobre o efeito osteogênico na infância de alguns tipos de exercícios físicos (VICENTE-RODRÍGUEZ, 2006). Diferentes ensaios controlados em ambiente escolar e não escolar demonstram que, embora a intensidade seja importante, o tipo de atividade também tem uma influência forte no efeito osteogênico (GUNTER *et al.*, 2007; LARSEN *et al.*, 2018; MACKELVIE *et al.*, 2002; TAN *et al.*, 2014). Essa influência se dá através das ações da força de reação das diferentes atividades.

Alguns estudos sugerem que quanto maior a força de reação do solo nas atividades, maior é o estímulo osteogênico (GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2017; KONTULAINEN *et al.*, 2002; RUTHERFORD, 1999). A força de reação do solo é uma força que atua do solo para o corpo que está em contato, transmitido por meio dos pés (ZHANG; WANG, 2001). Essa força de mesma magnitude e direção, porém em sentido oposto à força que o corpo exerceu na superfície do solo obedece à terceira lei de Newton. Portanto durante as atividades, a força de reação passa pelos ossos e é dissipada principalmente pela ação das articulações, sendo enfraquecida a cada articulação que passa (KEMPER, 2000). Dessa forma, se as crianças realizam atividades de saltos, os membros inferiores e a coluna lombar tendem a ter maior efeito osteogênico, diferentemente de recepções de bola, socos e pegadas, que sofreriam ação de forças de reação de outros corpos.

Esse efeito osteogênico pode ser a possível explicação para que estudos tenham encontrado associações entre densidade e conteúdo mineral ósseo com diferentes capacidades físicas. Por exemplo, os estudos de (GINTY *et al.*, 2005; VICENTE-RODRÍGUEZ *et al.*, 2008) apresentam uma associação da massa óssea com a aptidão cardiorrespiratória. Todavia a característica dos testes utilizados é a mesma, corridas em tempos determinados (20-m shuttle run, em torno de 10-15 minutos). O que os estudos reportam, pode não ser uma relação necessariamente entre massa óssea (ou osteogênese) e consumo de oxigênio, mas sim a capacidade corporal de executar corridas por um longo período, o que pode ser reflexo das atividades habituais da criança.

Portanto, é necessário que se tenha cautela ao interpretar associações, levando em conta o teste de aptidão física que foi realizado e o que ele pode representar das atividades habituais da criança (BOREHAM; RIDDOCH, 2001; GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2020). Nesse sentido nossos resultados indicaram que os testes de corrida de 20 metros e arremesso de medicine ball de 2kg tiveram acurácia aceitável para a triagem de crianças com chances aumentadas de massa óssea. Há um ponto forte na utilização destes dois testes porque juntos representam diferentes possibilidades de força de reação - do solo ou não – pelos membros inferiores e superiores.

O teste de corrida de 20 metros avalia a velocidade da criança, mas também representa a capacidade de corridas de alta intensidade, que tende a

ser reflexo de suas atividades habituais. Corridas de alta intensidade são múltiplos saltos com um padrão específico de força de reação do solo, o que pode levar o teste a representar um efeito osteogênico que já ocorria na criança por até meses (JANZ *et al.*, 2003). Da mesma forma, o teste de arremesso de *medicine ball* de 2kg avalia a potência de membros superiores da criança (DAVIS *et al.*, 2008). Além disso representa a capacidade de produção de força da musculatura (HARRIS *et al.*, 2011), que pode ocorrer de maneira natural (produção hormonal) ou através de estímulos por atividades que exijam força (adaptação pela via neural em caso de crianças pré-púberes). Presume-se também que o resultado nesse teste possa ser um reflexo das atividades habituais da criança.

Ambos os testes mencionados possuem critérios de validade adequados para o público infantil (BÖS *et al.*, 2001; CALLEJA-GONZÁLEZ *et al.*, 2015; DAVIS *et al.*, 2008), além de serem descritos em estudos nacionais (DUMITH *et al.*, 2010; MELLO *et al.*, 2016; VERARDI *et al.*, 2007) e internacionais (BÖS *et al.*, 2001; DAVIS *et al.*, 2008; HARRIS *et al.*, 2011). Ainda assim, a proposição de pontos de corte para testes de velocidade e potência muscular a partir de uma variável de densidade mineral óssea vai ao encontro dos resultados reportados por estudos longitudinais discutidos anteriormente (BARNEKOW-BERGKVIST *et al.*, 2006; KEMPER *et al.*, 2000).

Corroborando nossos achados, um recente estudo (GÓMEZ-BRUTON *et al.*, 2020) demonstrou que a força muscular de membros superiores e inferiores, além da velocidade/agilidade previram todas as variáveis ósseas medidas, exceto para densidade mineral óssea volumétrica. Os autores sugerem fortemente que a aptidão global é um determinante essencial para a estrutura e força do osso em crianças pré-escolares. Além do mais indicam que a realização de testes de aptidão física poderia fornecer informações úteis relacionadas à saúde óssea em crianças.

A partir dos resultados da presente pesquisa foi possível utilizar os pontos de corte propostos para realizar um estudo de descrição do perfil de aptidão física relacionada à saúde de crianças. Os resultados dos dois testes físicos novos apresentaram coerência com os demais em termos de perfil. Nos resultados longitudinais, os dois testes físicos apresentaram uma tendência

semelhante aos outros testes, exceto o índice de massa corporal que possui uma tendência única.

Dessa forma os resultados de aptidão física relacionada à saúde das crianças brasileiras parecem estar coerentes do que os resultados reportados em outros estudos nacionais (MELLO *et al.*, 2020, 2016; PELEGRINI *et al.*, 2011; SILVA; PETROSKI; GAYA, 2017). Portanto os resultados apresentados se mostraram aplicáveis apesar do estudo ter algumas limitações. O nível de atividade física e prática de esportes das crianças não foi controlado, dessa forma as explicações da relação entre aptidão física e densidade e conteúdo mineral ósseo podem se dar por outras interferências. Como todas as crianças estavam em um mesmo grupo de maturação somática (não atingiram o pico de crescimento), mesmo havendo ajuste para a maturação a análise ainda é frágil e é importante que estudos futuros analisem na amostra crianças claramente em diferentes níveis maturacionais. Por fim, é natural que resultados de estudos transversais sejam analisados com cautela, pois sempre há uma pequena chance dos resultados ocorrerem ao acaso.

5.2 CONCLUSÕES

A hipótese nula foi refutada em todas as associações. Para as quatro capacidades físicas testadas, sempre houve associações com pelo menos um segmento corporal, seja no conteúdo ou na densidade mineral óssea. Os resultados encontrados indicam uma relação linear entre a velocidade, avaliada pelo teste de corrida de 20m, e o conteúdo mineral ósseo e a densidade mineral óssea em todos os segmentos corporais. A maturação somática, o sexo e o percentual de gordura parecem exercer um efeito nessas relações e o conteúdo mineral ósseo de alguns segmentos corporais perde associação com a velocidade na presença dessas outras variáveis no modelo de associação.

Com relação à agilidade os resultados indicam uma relação linear desta variável com o conteúdo e a densidade mineral óssea em todos os segmentos corporais. Após ajuste para maturação somática, sexo e percentual de gordura percebemos um efeito nas relações e apenas o conteúdo mineral ósseo das pernas e a densidade mineral óssea do corpo todo e das pernas permaneceram associadas.

Com relação às potências, de membros superiores e inferiores, avaliadas com os testes de salto horizontal e arremesso de medicine ball, a hipótese foi parcialmente aceita. Houve associação linear encontrada com as duas capacidades físicas e o conteúdo e a densidade mineral óssea, mas não em todos segmentos corporais. Após o ajuste para maturação somática, sexo e percentual de gordura, no conteúdo mineral ósseo, apenas o segmento corporal pernas manteve associação com as duas capacidades físicas. Já a densidade mineral óssea não apresentou associação com magnitude suficiente para ser considerada válida.

Os quatro testes de aptidão física foram testados nas análises de curva ROC. A hipótese de que os testes de salto horizontal e quadrado de 4x4m possuíam acurácia suficiente para a triagem de risco de baixa massa óssea em crianças foi refutada. Os valores de área sob a curva ROC nesses testes não foram suficientes para a identificação dos pontos de corte. Já os testes de corrida de 20m, para a estimativa da velocidade e arremesso de medicine ball de 2kg para a estimativa de potência de membros superiores apresentaram acurácia suficiente para a identificação de pontos de corte para a triagem de crianças com maiores chances de possuir baixa densidade mineral óssea na coluna e na pelve.

Por fim, os pontos de corte propostos foram incorporados aos já existentes na proposta de aptidão física relacionada à saúde do PROESP-Br. Com isso foi realizado um estudo de perfil e tendência da aptidão física relacionada à saúde de crianças brasileiras. Esse estudo demonstra a aplicabilidade dos resultados encontrados na presente tese e apontam para a coerência teórica da inclusão das variáveis velocidade e potência de membros superiores no conjunto de capacidades físicas que formam o constructo aptidão física relacionada à saúde. Os principais resultados desse estudo indicam que o percentual de crianças na zona de risco à saúde parece estar aumentando ao longo dos anos, exceto no IMC, entretanto, em todas as variáveis os percentuais de crianças na zona de risco é alto.

5.3 DEFESA DA TESE

IMPLICAÇÕES SOBRE A APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE NA INFÂNCIA

Júlio Mello¹

1- Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O corpo do ser humano está em constante desenvolvimento. Para um desenvolvimento pleno ao longo do ciclo vital é importante que o corpo esteja na maior parte do tempo em estado saudável – livre de doenças – mas também em um estado mais amplo de saúde. Esse estado mais amplo pode englobar o bem estar, a saúde mental, o condicionamento físico, o estado social e econômico, o acesso à educação e aos programas de prevenção às diversas doenças que podem se desenvolver ao longo do tempo [1].

Nesse sentido, quando a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis é associada a fatores gerais de saúde, dá-se destaque ao condicionamento físico atual e de diferentes fases da vida de uma pessoa [2]. Sobre esse aspecto, tratamos do nível de aptidão física relacionada à saúde (ApFRS) [2], que pode ser operacionalizada como o conjunto de capacidades físicas: flexibilidade, capacidade cardiorrespiratória e força muscular localizada (adotou-se por padrão a força abdominal) agregados à composição corporal ou estimativas antropométricas de excesso de peso (IMC principalmente) [2–5].

A ApFRS tem como principal embasamento para seu conceito a relação entre o desenvolvimento ou prevenção de diferentes doenças com o nível em que cada capacidade física se encontra [6–8]. Um exemplo, que pode ser considerado como o mais estudado, é que determinados níveis de consumo de oxigênio (capacidade cardiorrespiratória) são determinantes para a prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares como a hipertensão arterial [9].

Na infância e adolescência a ApFRS está relacionada a benefícios em longo prazo [10], mas também ao desenvolvimento de doenças na idade adulta e terceira idade [11, 12], visto que a mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis nessa faixa etária é quase inexistente. Dessa forma, estudos

longitudinais e de acompanhamento indicam que os níveis das variáveis da ApFRS nessa fase da vida são fundamentais para o estado de saúde nas fases seguintes, adulta e idosa [10, 12]. Entretanto, pensar em desenvolvimento de saúde em longo prazo e considerar apenas a saúde musculoesquelética (considerando, músculos, articulações, tendões e ligamentos) e cardiovascular pode estar levando profissionais da saúde a deixar de intervir em outras importantes variáveis de saúde.

Refiro-me aos estudos que indicam associações importantes entre os índices de velocidade e potência muscular de membros superiores com indicadores de saúde dos ossos, especificamente conteúdo mineral ósseo e densidade mineral óssea [13–17]. Estes indicadores estão diretamente relacionados com a curva de desenvolvimento ósseo da vida [18], que naturalmente tende a ser decrescente a partir de uma faixa que compreende os 40 aos 50 anos de idade. Essa queda em densidade óssea pode ocasionar uma das principais doenças que atingem a população a nível global, a osteoporose [19].

Até mesmo quadros menos graves, em estado de osteopenia, também são preocupantes visto que trata-se de uma doença que não apresenta sintomas e geralmente é descoberta após uma fratura óssea [20]. De todos os ossos, o mais crítico de ser fraturado na terceira idade é o fêmur, na região do colo do fêmur [21]. A taxa anual de incidência de fratura nessa região foi estimada em 1,29/1000 pessoas/ano em homens e 2,24/1000 pessoas/ano em mulheres [19]. Em adição a alta incidência, a maioria das pessoas que sofrem dessa lesão é idosa e a taxa de mortalidade no ano seguinte à lesão nessa população varia de 12 a 27%.

Além disso, podemos considerar os resultados de diferentes revisões sistemáticas [16, 22, 23] que indicam essa região (quadril), além da coluna lombar como mais responsiva ao exercício físico intenso. Essas evidências são corroboradas pela meta-análise realizada com crianças [13] onde as aulas de educação física escolar com ênfase em exercícios físicos, principalmente de potência, têm efeito positivo na densidade mineral óssea do colo do fêmur e da coluna lombar. Essas evidências apontam para capacidades físicas que podem ser essenciais para a prevenção de doenças ósseas.

Portanto, em uma série de estudos que realizamos [13, 14], conseguimos identificar que testes físicos utilizados para avaliar a velocidade e a potência de membros superiores de crianças possuíam acurácia suficiente para discriminar crianças com risco elevado de apresentar baixa densidade mineral óssea da coluna e da pelve. Esses resultados reforçam a teoria de que um pilar de saúde que deve ser considerado desde a infância é a saúde óssea.

Ao considerar os cuidados com os ossos, é prudente pensar que as capacidades físicas que apresentam relação com a saúde óssea devam ser incluídas no conjunto de capacidades físicas que compõe a ApFRS. Por fim, operacionalizamos a ApFRS como um conjunto de capacidades físicas que apresentam relação com a prevenção ou tratamento de doenças crônicas não transmissíveis. Em concordância a esse conceito, finalizo o presente texto com a proposta de considerar como ApFRS de crianças, o conjunto de capacidades físicas: flexibilidade, capacidade cardiovascular, força muscular localizada, velocidade e potência muscular de membros superiores, agregadas à composição corporal ou indicadores antropométricos de estimativas de excesso de peso.

Referências

1. Fran Baum (2016) *The new public health*, 4th ed. Oxford University Press, Oxford
2. ACSM AC of SM, Bushman BA (2017) *ACSM's Complete Guide to Fitness & Health*, 2 edition. Human Kinetics
3. Gaya A, Gaya AR (2016) *Manual de aplicação de medidas e testes, normas e critérios de avaliação*. Porto Alegre
4. Glaner MF (2003) Importância da aptidão física relacionada à saúde. *Rev Bras Cineantropometria e Desempenho Hum* 5:75–85
5. Nahas MV (1989) *Fundamentos de aptidão física relacionada à Saúde*. Editora da UFSC, Florianópolis
6. Blair SN (1996) Influences of Cardiorespiratory Fitness and Other Precursors on Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in Men and Women. *JAMA J Am Med Assoc* 276:205
7. Kell RT, Bell G, Quinney A (2001) Musculoskeletal Fitness, Health Outcomes and Quality of Life. *Sport Med* 31:863–873
8. Evaristo OS, Moreira C, Lopes L, Abreu S, Agostinis-Sobrinho C, Oliveira-Santos J, Póvoas S, Oliveira A, Santos R, Mota J (2018) Associations between physical fitness and adherence to the Mediterranean diet with health-related quality of life in adolescents: results from the LabMed Physical Activity Study. *Eur J Public Health* 28:631–635
9. Kaminsky LA, Arena R, Ellingsen Ø, Harber MP, Myers J, Ozemek C,

- Ross R (2019) Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease - The past, present, and future. *Prog Cardiovasc Dis* 62:86–93
10. García-Hermoso A, Ramírez-Campillo R, Izquierdo M (2019) Is Muscular Fitness Associated with Future Health Benefits in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal Studies. *Sport Med.* <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01098-6>
 11. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M (2008) Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes* 32.
 12. Twisk JWR, Kemper HCG, van Mechelen W (2002) The Relationship Between Physical Fitness and Physical Activity During Adolescence and Cardiovascular Disease Risk Factors at Adult Age. The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Int J Sports Med* 23:8–14
 13. Mello JB, Ribeiro Y, Castagna A, Bergmann MLA, Bergmann G (2013) Baixa Aptidão Cardiorrespiratória está Associada ao Excesso de Peso em Crianças e Adolescentes Independente do Sexo e da Idade. *Rev Bras Ciência e Mov* 21:56–62
 14. Mello JB, Hernandez MS, Farias VM, Pinheiro ES, Bergmann GG (2015) Aptidão Física Relacionada ao Desempenho Motor de Adolescentes de Uruguaiana, Rio Grande do Sul. *Rev Bras Ciência e Mov* 23:72–79
 15. Kemper HC., Twisk JW., van Mechelen W, Post G., Roos J., Lips P (2000) 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* 27:847–853
 16. Gómez-Bruton A, Matute-Llorente Á, González-Agüero A, Casajús JA, Vicente-Rodríguez G (2017) Plyometric exercise and bone health in children and adolescents: a systematic review. *World J Pediatr* 13:112–21
 17. Gómez-Bruton A, Marín-Puyalto J, Muñiz-Pardos B, et al (2020) Association Between Physical Fitness and Bone Strength and Structure in 3- to 5-Year-Old Children. *Sport Heal A Multidiscip Approach* 194173812091364
 18. Kemper HCG (2000) Skeletal Development during Childhood and Adolescence and the Effects of Physical Activity. *Pediatr Exerc Sci* 12:198–216
 19. Weaver CM, Gordon CM, Janz KF, Kalkwarf HJ, Lappe JM, Lewis R, O’Karma M, Wallace TC, Zemel BS (2016) The National Osteoporosis Foundation’s position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos Int a J Establ as result Coop between Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA* 27:1281–1386
 20. Mäkitie O, Heikinheimo M (2005) Osteoporosis: From molecular mechanisms to progress in treatment. *Ann Med* 37:276–277
 21. Khan SK, Kalra S, Khanna A, Thiruvengada MM, Parker MJ (2009) Timing of surgery for hip fractures: A systematic review of 52 published studies involving 291,413 patients. *Injury* 40:692–697
 22. Tenforde AS, Fredericson M (2011) Influence of Sports Participation on Bone Health in the Young Athlete: A Review of the Literature. *PM&R* 3:861–867
 23. Specker B, Thiex NW, Sudhagoni RG (2015) Does Exercise Influence Pediatric Bone? A Systematic Review. *Clin Orthop Relat Res* 473:3658–3672

6. REFERÊNCIAS GERAIS

ACSM, American College of Sports Medicine. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. Tenth edit ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2018. *E-book*.

AGOSTINETE, Ricardo R. *et al.* Basketball Affects Bone Mineral Density Accrual in Boys More Than Swimming and Other Impact Sports: 9-mo Follow-Up. **Journal of Clinical Densitometry**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 375–381, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2016.04.006>

ANDREOLI, Angela *et al.* Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 507–511, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00005768-200104000-00001>

ARABI, Asma *et al.* Bone mineral density by age, gender, pubertal stages, and socioeconomic status in healthy Lebanese children and adolescents. **Bone**, [S. l.], v. 35, n. 5, p. 1169–1179, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.06.015>

ASADI, Abbas *et al.* Influence of Maturation Stage on Agility Performance Gains After Plyometric Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 31, n. 9, p. 2609–2617, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001994>

BACHRACH, Laura K. *et al.* Bone Mineral Acquisition in Healthy Asian, Hispanic, Black, and Caucasian Youth: A Longitudinal Study 1. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, [S. l.], v. 84, n. 12, p. 4702–4712, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1210/jcem.84.12.6182>

BACHRACH, Laura K. Acquisition of optimal bone mass in childhood and adolescence. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 22–28, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1043-2760\(00\)00336-2](https://doi.org/10.1016/S1043-2760(00)00336-2)

BAILEY, D. a *et al.* A Six-Year Longitudinal Study of the Relationship of Physical Activity to Bone Mineral Accrual in Growing Children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [S. l.], v. 14, n. 10, p. 1672–1679, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.10.1672>

BARBANTI, V. J. A comparative study of selected anthropometric and physical

fitness measurements of brazilian and american school children. Tese de doutorado. University of Iowa, 1982.

BARNEKOW-BERGVIST, M. *et al.* Relationships between physical activity and physical capacity in adolescent females and bone mass in adulthood. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. 447–455, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00500.x>

BARROS, M. V., REIS, R. S., HALLAL, P. C., FLORINDO, A. A., & FARIAS JÚNIOR, J. C. **Análise de dados em saúde**. 3ª edição ed. Londrina: Midiograf, 2012. *E-book*.

BAXTER-JONES, Adam 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**, [S. l.], v. 26, n. 8, p. 1729–1739, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbmr.412>

BEHM, David G. *et al.* Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [S. l.], v. 41, n. 1, p. 1–11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0235>

BERGMANN, Gabriel Gustavo *et al.* Pontos de corte para a aptidão cardiorrespiratória e a triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 339–343, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922010000500004>

BERGMANN, Gabriel Gustavo *et al.* Índice de massa corporal para triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, [S. l.], v. 55, n. 2, p. 114–120, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0004-27302011000200003>

BIELEMANN, R. M. *et al.* Is vigorous-intensity physical activity required for improving bone mass in adolescence? Findings from a Brazilian birth cohort. **Osteoporosis International**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 1307–1315, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00198-019-04862-6>

BÖHME, Maria Tereza Silveira. **Aptidão Física. Avaliação de Aspectos Relacionados com a Saúde**. 1989. - Universidade Federal de Viçosa, [s. l.],

1989.

BOREHAM, C. A. G.; MCKAY, Heather A. Physical activity in childhood and bone health. **British Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 45, n. 11, p. 877–879, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090188>

BOREHAM, Colin; RIDDOCH, Chris. The physical activity, fitness and health of children. **Journal of Sports Sciences**, [S. l.], v. 19, n. 12, p. 915–929, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/026404101317108426>

BÖS, Klaus *et al.* **Das Karlsruher Testsystem für Kinder (KATS-K) - Testmanual**. [S. l.]: Zeitschriftenaufsatz, 2001. *E-book*.

BOUCHARD, C. S. R. J.; STEPHENS, T. Physical activity, fitness and health: the model and key concepts. **Physical activity, fitness, and health: international proceedings and consensus statement**, [S. l.], p. 77–88, 1994. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=EX9xQgAACAAJ>

BRAGA, Ana Cristina Da Silva. **Curvas ROC: aspectos funcionais e aplicações**. 2001. - Universidade do Minho, [s. l.], 2001. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/195>

BUZOLINI NETO, Octávio *et al.* Desempenho da Agilidade, Velocidade e Coordenação de Meninos Praticantes e Não-Praticantes de Futebol. **Fitness e Performance Journal**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 110–114, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3900/fpj.8.2.110.p>

CABRAL, Suzet de Araujo Tinoco *et al.* Relação da idade óssea com antropometria e aptidão física em jovens praticantes de voleibol. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 69–75, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2015.12.003>

CADORE, Eduardo Lusa; BRENTANO, Michel Arias; KRUEL, Luiz Fernando Martins. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 373–379, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000600013>

CALLEJA-GONZÁLEZ, Julio José *et al.* Reproducibilidad de test de aceleración y cambio de dirección en fútbol. [Reproducibility of test acceleration and change of direction in football]. **RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte**, [S. l.], v. 11, n. 40, p. 104–115, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5232/ricyde2015.04001>

CAMPOS, Lúcia M. A. *et al.* Osteoporose na infância e na adolescência. **Jornal de Pediatria**, [S. l.], v. 79, n. 6, p. 481–488, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0021-75572003000600005>

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public health reports (Washington, D.C. : 1974)**, [S. l.], v. 100, n. 2, p. 126–131, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/20056429>

CATTUZZO, Maria Teresa *et al.* Motor competence and health related physical fitness in youth: A systematic review. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 123–129, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.004>

CHAARI, Hamada *et al.* Specific sites of bone expansion depend to the level of volleyball practice in prepubescent boys. **Biology of Sport**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 229–236, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5604/20831862.1059297>

CLARK, E. M. *et al.* Children with low muscle strength are at an increased risk of fracture with exposure to exercise. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 196–202, 2011.

COLEDAM, Diogo Henrique Constantino *et al.* Relação dos saltos vertical, horizontal e sêxtuplo com a agilidade e velocidade em crianças. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 43–53, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1807-55092013000100005>

COSSIO-BOLAÑOS, Marco *et al.* Hand grip strength and maximum peak expiratory flow: determinants of bone mineral density of adolescent students. **BMC Pediatrics**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 96, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1015-0>

COSTA, D. *et al.* Bone mark changes after an eight-month intervention in an osteogenic sport and in physical education in low-income children. **Science & Sports**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 174.e1-174.e10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.07.007>

COWLES, E. A. *et al.* Mineralization and the Expression of Matrix Proteins During In Vivo Bone Development. **Calcified Tissue International**, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 74–82, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s002239900397>

CRISTIANO, Mariana Vitória de Menezes Bordalo. **Sensibilidade e Especificidade na Curva ROC: Um Caso de Estudo**. 2017. - Universidade do

Porto, [S. l.], 2017.

DAVIS, Kathryn L. *et al.* Validity and Reliability of the Medicine Ball Throw for Kindergarten Children. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 1958–1963, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181821b20>

DE MORAES, Anderson Marques *et al.* Cross-sectional study of the association of body composition and physical fitness with bone status in children and adolescents from 11 to 16 years old. **BMC Pediatrics**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 117, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-117>

DERMAN, Orhan *et al.* Effect of swimming on bone metabolism in adolescents. **The Turkish journal of pediatrics**, Turkey, v. 50, n. 2, p. 149–154, 2008.

DIB, Lea *et al.* Impact of anthropometric, lifestyle, and body composition variables on ultrasound measurements in school children. **Bone**, [S. l.], v. 36, n. 4, p. 736–742, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.01.009>

DIONYSSIOTIS, Yannis *et al.* Association of physical exercise and calcium intake with bone mass measured by quantitative ultrasound. **BMC Women's Health**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 12, 2010. Disponível em:

<https://doi.org/10.1186/1472-6874-10-12>

DONNELLY, Joseph E. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 48, n. 6, p. 1197–1222, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>

DORNELES, Rui Carlos Gomes *et al.* Indicadores de flexibilidade e força/resistência muscular e a triagem de dor lombar em adolescentes.

Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 93, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2016v18n1p93>

DUMITH, Samuel Carvalho *et al.* Aptidão física relacionada ao desempenho motor em escolares de sete a 15 anos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 5–14, 2010. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1807-55092010000100001>

EDREICH, L. S.; LEE, E. T. Use of relative operating characteristic analysis in epidemiology. **Am J Epidemiol**, [S. l.], v. 114, n. 5, p. 649–662, 1981.

FERRARI, Gerson Luis de Moraes *et al.* Maturação sexual e aptidão física de

escolares de Ilhabela. **Revista de atenção à saúde**, [S. l.], v. 13, n. 45, p. 39–48, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.13037/rbcs.vol13n45.2981>

FRANK H. NETTER, MD. Netter - Atlas de Anatomía Humana. *In: Masson*. [S. l.: s. n.]. *E-book*.

FUCHS, Robyn K.; BAUER, Jeremy J.; SNOW, Christine M. Jumping Improves Hip and Lumbar Spine Bone Mass in Prepubescent Children: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Bone and Mineral Research**, United States, v. 16, n. 1, p. 148–156, 2001. Disponível em:

<https://doi.org/10.1359/jbmr.2001.16.1.148>

FUHRMANN, Marlon; PANDA, Maria Denise Justo. Aptidão Física Relacionada À Saúde E Ao Desempenho Esportivo De Escolares Do Pibid/

Unicruz/Educação Física. **Biomotriz**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 81–99, 2015.

Disponível em:

http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/BIOMOTRIZ/article/view/81-99/pdf_13

GARCÍA-HERMOSO, Antonio; RAMÍREZ-CAMPILLO, Rodrigo; IZQUIERDO, Mikel. Is Muscular Fitness Associated with Future Health Benefits in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal Studies. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 49, n. 7, p. 1079–1094, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01098-6>

GASIBAT, Qais; BIN SIMBAK, Nordin; ABD AZIZ, Aniza. Stretching Exercises to Prevent Work-related Musculoskeletal Disorders – A Review Article.

American Journal of Sports Science and Medicine, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 27–37, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12691/ajssm-5-2-3>

GAYA, Adroaldo. **Projetos de pesquisa científica e pedagógica o desafio da iniciação científica**. Belo Horizonte: Casa da Educação Física, 2016. *E-book*.

GAYA, Adroaldo; GAYA, Anelise Reis. **Manual de aplicação de medidas e testes, normas e critérios de avaliação**. Porto Alegre: [s. n.], 2016.

GAYA, Adroaldo; SILVA, Gustavo. Projeto Esporte Brasil–Indicadores de saúde e fatores de prestação esportiva em crianças e jovens. Manual de aplicação de medidas e testes motores. **Revista Perfil**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 9–34, 2002.

GINTY, F. *et al.* Positive, site-specific associations between bone mineral status, fitness, and time spent at high-impact activities in 16- to 18-year-old boys. **Bone**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 101–110, 2005. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.10.001>

GÓMEZ-BRUTON, Alejandro *et al.* Plyometric exercise and bone health in children and adolescents: a systematic review. **World Journal of Pediatrics**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 112–121, 2017. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s12519-016-0076-0>

GÓMEZ-BRUTON, Alejandro *et al.* Association Between Physical Fitness and Bone Strength and Structure in 3- to 5-Year-Old Children. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, [S. l.], p. 194173812091364, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1941738120913645>

GRACIA-MARCO, L. *et al.* Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 111, n. 11, p. 2671–2680, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1897-0>

GUEDES, Dartagnan Pinto. Educação Física escolar: uma proposta de promoção da saúde. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física**, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 16–23, 1993.

GUNTER, Katherine *et al.* Impact Exercise Increases BMC During Growth: An 8-Year Longitudinal Study. **Journal of Bone and Mineral Research**, [S. l.], v. 23, n. 7, p. 986–993, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1359/jbmr.071201>

GUNTER, Katherine B.; ALMSTEDT, Hawley C.; JANZ, Kathleen F. Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 13–21, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318236e5ee>

HANLEY, J. A.; MCNEIL, B. J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. **Radiology**, [S. l.], v. 143, n. 1, p. 29–36, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1148/radiology.143.1.7063747>

HARRIS, Chad *et al.* The Seated Medicine Ball Throw as a Test of Upper Body Power in Older Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [S. l.], v. 25, n. 8, p. 2344–2348, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ecd27b>

HENDRICKX, Gretl; BOUDIN, Eveline; VAN HUL, Wim. A look behind the scenes: the risk and pathogenesis of primary osteoporosis. **Nature Reviews Rheumatology**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 462–474, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2015.48>

HENRIQUES-NETO, Duarte *et al.* Physical Fitness and Bone Health in Young Athletes and Nonathletes. **Sports Health: A Multidisciplinary Approach**, [S. l.], p. 194173812093175, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1941738120931755>

HERNLUND, E. *et al.* Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. **Archives of Osteoporosis**, [S. l.], v. 8, n. 1–2, p. 136, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11657-013-0136-1>

HIND, K.; BURROWS, M. Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled trials. **Bone**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 14–27, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.07.006>

HOUSTON, Jennifer; KULINNA, Pamela. Health-Related Fitness Models in Physical Education. **Strategies**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 20–26, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08924562.2014.879026>

HUI, S. L.; SLEMENDA, C. W.; JOHNSTON, C. C. The contribution of bone loss to postmenopausal osteoporosis. **Osteoporosis International**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 30–34, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF01880413>

ITO, Igor Hideki *et al.* Prática de artes marciais e densidade mineral óssea em adolescentes de ambos os sexos. **Revista Paulista de Pediatria**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 210–215, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2015.09.001>

JANSSEN, Amy *et al.* Cardiorespiratory fitness, muscular fitness and mental health in older adolescents: A multi-level cross-sectional analysis. **Preventive Medicine**, [S. l.], v. 132, p. 105985, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.105985>

JANZ, Kathleen F. *et al.* Measuring Children’s Vertical Ground Reaction Forces with Accelerometry during Walking, Running, and Jumping: The Iowa Bone Development Study. **Pediatric Exercise Science**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 34–43, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1123/pes.15.1.34>

JANZ, Kathleen F. *et al.* Top 10 Research Questions Related to Physical Activity and Bone Health in Children and Adolescents. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [S. l.], v. 86, n. 1, p. 5–12, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02701367.2014.995019>

JOCHIMS, Samuel *et al.* Aptidão física relacionada ao desempenho motor de

escolares : estudo comparativo dos hemisférios Norte – Sul – Leste - Oeste , da zona rural de Santa Cruz do Sul - RS. **Cinergis**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 143–147, 2013.

KAMONSEKI, Danilo Harudy *et al.* Comparação da força, potência muscular, agilidade e flexibilidade entre as posições de praticantes de futebol com idades entre 10 e 15 anos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 5, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.31501/rbcm.v27i1.7252>

KAO, Shih-Chun *et al.* Aerobic Fitness Is Associated With Cognitive Control Strategy in Preadolescent Children. **Journal of Motor Behavior**, [S. l.], v. 49, n. 2, p. 150–162, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1161594>

KATZMARZYK, P. T.; MALINA, R. M.; BEUNEN, G. P. The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. **Annals of Human Biology**, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 493–505, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03014469700005262>

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**, [S. l.], v. 27, n. 6, p. 847–853, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S8756-3282\(00\)00397-5](https://doi.org/10.1016/S8756-3282(00)00397-5)

KEMPER, Han C. G. Skeletal Development during Childhood and Adolescence and the Effects of Physical Activity. **Pediatric Exercise Science**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 198–216, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1123/pes.12.2.198>

KIM, Pan Soo *et al.* Beneficial effects of judo training on bone mineral density of high-school boys in korea. **Biology of Sport**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 295–299, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5604/20831862.1077556>

KLOP, C. *et al.* The epidemiology of mortality after fracture in England: variation by age, sex, time, geographic location, and ethnicity. **Osteoporosis International**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 161–168, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3787-0>

KONTULAINEN, S. A. *et al.* Does Previous Participation in High-Impact Training Result in Residual Bone Gain in Growing Girls? **International Journal of Sports Medicine**, Germany, v. 23, n. 8, p. 575–581, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/s-2002-35543>

KREBS, Ruy Jorna da; MACEDO, Fabiane de Oliveira. Desempenho da aptidão física de crianças e adolescentes. **EFDeportes**, [S. l.], v. 10, n. 85, p. 1–7, 2010.

KUNRATH, C. A. *et al.* Maturação somática e aptidão física em jovens jogadores de futebol. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 187–191, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.01.002>

LARSEN, Malte Nejst *et al.* Positive effects on bone mineralisation and muscular fitness after 10 months of intense school-based physical training for children aged 8–10 years: the FIT FIRST randomised controlled trial. **British Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 52, n. 4, p. 254–260, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096219>

LAZARETTI-CASTRO, Marise. Por que medir densidade mineral óssea em crianças e adolescentes? **Jornal de Pediatria**, [S. l.], v. 80, n. 6, p. 439–440, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0021-75572004000800003>

LIN, Xiaochen *et al.* Effects of Exercise Training on Cardiorespiratory Fitness and Biomarkers of Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Journal of the American Heart Association**, [S. l.], v. 4, n. 7, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002014>

LORENZI, Tiago *et al.* Aptidão física relacionada ao desempenho motor de crianças e adolescentes do Rio Grande do Sul. **Revista Perfil**, [S. l.], v. 7, n. 7, p. 1–10, 2005.

LU, Pei Wen *et al.* Bone mineral density of total body, spine, and femoral neck in children and young adults: A cross-sectional and longitudinal study. **Journal of Bone and Mineral Research**, England, v. 9, n. 9, p. 1451–1458, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650090918>

LUGUETTI, Carla Nascimento; RÉ, Alessandro H. Nicolai; BÖHME, Maria Tereza Silveira. Indicadores de aptidão física de escolares da região centro-oeste da cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 331–337, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2010v12n5p331>

MACKELVIE, K. J. *et al.* Bone Mineral Response to a 7-Month Randomized Controlled, School-Based Jumping Intervention in 121 Prepubertal Boys:

Associations With Ethnicity and Body Mass Index. **Journal of Bone and Mineral Research**, United States, v. 17, n. 5, p. 834–844, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1359/jbmr.2002.17.5.834>

MALINA, Robert; BOUCHARD, Claude. **Atividade Física do Atleta Jovem: do crescimento à maturação**. [S. l.: s. n.]. E-book.

MARÔCO, João. **Análise estatística com o SPSS Statistics**. 6. ed. [S. l.: s. n.]. E-book.

MATSUDO, Victor Keihan Rodrigues *et al.* Força de preensão manual como preditor de aptidão física em crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 1, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n1p1>

MATSUDO, Victor Rodrigues. **Critérios Biológicos para Diagnóstico, Prescrição e Prognóstico de Aptidão Física em Escolares de 7 a 18 Anos de Idade**. 1992. - Universidade Gama Filho, [s. l.], 1992.

MATSUDO, Vitor. **Testes em ciências do esporte**. São Paulo: Gráficos Burti, 1998. E-book.

MCKAY, Heather A. *et al.* Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes: A randomized school-based exercise intervention study in prepubescent and early pubescent children. **The Journal of Pediatrics**, United States, v. 136, n. 2, p. 156–162, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(00\)70095-3](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(00)70095-3)

MELLO, J. B. *et al.* Aptidão Física Relacionada ao Desempenho Motor de Adolescentes de Uruguaiana, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 72–79, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18511/0103-1716/rbcm.v23n4p72-79>

MELLO, Júlio *et al.* Secular trend of sports practice of Brazilian children and young people in the decade of mega-sport events. **Journal of Human Sport and Exercise**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 1–18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.171.01>

MELLO, Júlio Brugnara *et al.* Projeto Esporte Brasil: perfil da aptidão física relacionada ao desempenho esportivo de crianças e adolescentes. **Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance**, [S. l.], v. 18, n. 6, p. 658, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2016v18n6p658>

MEREDITH, Marilu D.; WELK, Greg. **Fitnessgram: Test administration**

manual. [S. l.]: Human Kinetics Publishers, 2003. *E-book*.

MICHAEL LEWIECKI, E. *et al.* Hip fracture trends in the United States, 2002 to 2015. **Osteoporosis International**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 717–722, 2018.
Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00198-017-4345-0>

MINTJENS, Stijn *et al.* Cardiorespiratory Fitness in Childhood and Adolescence Affects Future Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review of Longitudinal Studies. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 48, n. 11, p. 2577–2605, 2018.
Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0974-5>

MIRWALD, ROBERT L. *et al.* An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 689–694, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>

MONTEIRO, Ana *et al.* Aptidão Física E Composição Corporal De Alunos Do Ensino Fundamental Da Rede Pública Em Jacarepaguá-Rj. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, [S. l.], v. 9, n. 55, p. 485–496, 2015.
Disponível em: <https://doi.org/ISSN 1981-9900>

MOREIRA, João Paulo Abreu *et al.* Körperkoordinationstest Für Kinder (KTK) for Brazilian Children and Adolescents: Factor Analysis, Invariance and Factor Score. **Frontiers in Psychology**, [S. l.], v. 10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02524>

MORRIS, John A. *et al.* An atlas of genetic influences on osteoporosis in humans and mice. **Nature Genetics**, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 258–266, 2019.
Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0302-x>

NAHAS, Marcus Vinicius. **Fundamentos de aptidão física relacionada à Saúde**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1989. *E-book*.

NASRI, Raouf *et al.* Grip Strength is a Predictor of Bone Mineral Density Among Adolescent Combat Sport Athletes. **Journal of Clinical Densitometry**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 92–97, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2012.07.011>

NASRI, Raouf *et al.* Combat Sports Practice Favors Bone Mineral Density Among Adolescent Male Athletes. **Journal of Clinical Densitometry**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 54–59, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.09.012>

OKAMOTO, Mina *et al.* Bone Morphogenetic Proteins in Bone Stimulate

Osteoclasts and Osteoblasts During Bone Development. **Journal of Bone and Mineral Research**, [S. l.], v. 21, n. 7, p. 1022–1033, 2006. Disponível em:

<https://doi.org/10.1359/jbmr.060411>

PANULA, Jorma *et al.* Mortality and cause of death in hip fracture patients aged 65 or older - a population-based study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 105, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-105>

PELEGRINI, Andreia *et al.* Aptidão física relacionada à saúde de escolares brasileiros: dados do projeto esporte Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 92–96, 2011. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000200004>

PETIT, Moira A. *et al.* Proximal femur bone geometry is appropriately adapted to lean mass in overweight children and adolescents. **Bone**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 568–576, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.12.003>

PINTO GUEDES, Dartagnan *et al.* Antropometria e Aptidão Física de Adolescentes Latino-Americanos. **Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 264–270, 2017. Disponível em:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=122035869&lang=es&site=ehost-live>

PINTO JÚNIOR, J. A. D. *et al.* Idade Óssea, Cronológica e Desempenho Físico de Jovens Atletas. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 37–44, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.18511/0103-1716/rbcm.v22n1p37-44>

PROUTEAU, STEPHANIE *et al.* Bone Density in Elite Judoists and Effects of Weight Cycling on Bone Metabolic Balance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 694–700, 2006. Disponível em:

<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000210207.55941.fb>

PROVOT, Sylvain; SCHIPANI, Ernestina. Molecular mechanisms of endochondral bone development. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [S. l.], v. 328, n. 3, p. 658–665, 2005. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2004.11.068>

RECKER, Robert R. Bone Gain in Young Adult Women. **JAMA: The Journal of the American Medical Association**, [S. l.], v. 268, n. 17, p. 2403, 1992.

Disponível em: <https://doi.org/10.1001/jama.1992.03490170075028>

RUTHERFORD, O. M. Is there a role for exercise in the prevention of osteoporotic fractures? **British Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 378–386, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bjism.33.6.378>

SAGGESE, Giuseppe; BARONCELLI, Giampiero Igli; BERTELLONI, Silvano. Puberty and bone development. **Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 53–64, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1053/beem.2001.0180>

SANTOS, Lívia; ELLIOTT-SALE, Kirsty Jayne; SALE, Craig. Exercise and bone health across the lifespan. **Biogerontology**, [S. l.], v. 18, n. 6, p. 931–946, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10522-017-9732-6>

SARDINHA, Luís B.; BAPTISTA, Fátima; EKELUND, Ulf. Objectively Measured Physical Activity and Bone Strength in 9-Year-Old Boys and Girls. **PEDIATRICS**, [S. l.], v. 122, n. 3, p. e728–e736, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1542/peds.2007-2573>

SAYERS, A. *et al.* Habitual Levels of Vigorous, But Not Moderate or Light, Physical Activity Is Positively Related to Cortical Bone Mass in Adolescents. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, [S. l.], v. 96, n. 5, p. E793–E802, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2550>

SCHUBERT, Alexandre *et al.* Aptidão física relacionada à prática esportiva em crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 142–146, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-869220162202103473>

SEABRA, André *et al.* Muscle strength and soccer practice as major determinants of bone mineral density in adolescents. **Joint Bone Spine**, [S. l.], v. 79, n. 4, p. 403–408, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2011.09.003>

SHEPHERD, John A. *et al.* Executive Summary of the 2013 International Society for Clinical Densitometry Position Development Conference on Body Composition. **Journal of Clinical Densitometry**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 489–495, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2013.08.005>

SILVA, Carla C. *et al.* Análise preditiva da densidade mineral óssea em adolescentes brasileiros eutróficos do sexo masculino. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 105–113, 2006.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0004-27302006000100015>

SILVA, Carla C. *et al.* Impact of skeletal maturation on bone metabolism biomarkers and bone mineral density in healthy Brazilian male adolescents.

Jornal de Pediatria, [S. l.], v. 87, n. 5, p. 450–456, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.2223/JPED.2125>

SILVA, Diego Augusto Santos; PETROSKI, Edio Luiz; GAYA, Adroaldo Cezar Araujo. Secular changes in aerobic fitness levels in brazilian children. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [S. l.], v. 23, n. 6, p. 450–454, 2017.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-869220172306150424>

SILVA, Francisco Clauber da Rocha *et al.* Aptidão física relacionada ao desempenho em adolescentes praticantes de futsal. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, [S. l.], v. 11, n. 43, p. 257–262, 2019.

SLEMENDA, Charles W. *et al.* Genetic determinants of bone mass in adult women: A reevaluation of the twin model and the potential importance of gene interaction on heritability estimates. **Journal of Bone and Mineral Research**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 561–567, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/jbmr.5650060606>

SMITH, Jordan J. *et al.* The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, [S. l.], v. 44, n. 9, p. 1209–1223, 2014. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>

SNOW-HARTER, Christine *et al.* Muscle strength as a predictor of bone mineral density in young women. **Journal of Bone and Mineral Research**, [S. l.], v. 5, n. 6, p. 589–595, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1002/jbmr.5650050608>

TAN, Vina PS *et al.* Influence of Physical Activity on Bone Strength in Children and Adolescents: A Systematic Review and Narrative Synthesis. **Journal of Bone and Mineral Research**, United States, v. 29, n. 10, p. 2161–2181, 2014.

Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbmr.2254>

TANAKA, Yoshihiro; WAKE, Norio; KATO, Kiyoko. Letters to the Editor.

Menopause, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 424, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1097/gme.0b013e3181967b88>

TARP, Jakob *et al.* Cardiorespiratory fitness, muscular strength and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Diabetologia**, [S. l.], v. 62,

n. 7, p. 1129–1142, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4867-4>

TERVO, Taru; NORDSTRÖM, Peter; NORDSTRÖM, Anna. Effects of badminton and ice hockey on bone mass in young males: A 12-year follow-up.

Bone, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 666–672, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2010.06.022>

THEINTZ, G. *et al.* Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents: evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 1060–1065, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1210/jcem.75.4.1400871>

THIVEL, David *et al.* Muscle Strength and Fitness in Pediatric Obesity: a Systematic Review from the European Childhood Obesity Group. **Obesity Facts**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 52–63, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000443687>

TØNNESEN, Rune *et al.* Physical exercise associated with improved BMD independently of sex and vitamin D levels in young adults. **European Journal of Applied Physiology**, Germany, v. 116, n. 7, p. 1297–1304, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3383-1>

VAN DER SLUIS, I. M.; DE MUINCK KEIZER-SCHRAMA, S. M. P. F. Osteoporosis in Childhood: Bone Density of Children in Health and Disease. **Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism**, [S. l.], v. 14, n. 7, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/JPEM.2001.14.7.817>

VERARDI, Carlos *et al.* Análise da aptidão física relacionada à saúde e ao desempenho motor em crianças e adolescentes da cidade de Carneirinho-MG. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 127–134, 2007.

VICENTE-RODRÍGUEZ, German. How does Exercise Affect Bone Development during Growth? **Sports Medicine**, [S. l.], v. 36, n. 7, p. 561–569, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.2165/00007256-200636070-00002>

VICENTE-RODRÍGUEZ, Germán *et al.* Physical fitness effect on bone mass is mediated by the independent association between lean mass and bone mass through adolescence: a cross-sectional study. **Journal of Bone and Mineral Metabolism**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 288–294, 2008. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s00774-007-0818-0>

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**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 1281–1386, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s00198-015-3440-3>

WEEKS, Benjamin K.; BECK, Belinda R. The Relationship between Physical Activity and Bone during Adolescence Differs according to Sex and Biological Maturity. **Journal of Osteoporosis**, [S. l.], v. 2010, p. 1–9, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4061/2010/546593>

WHO, World Health Organization. **Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group**. [S. l.: s. n.]

WILKINSON, Kelly *et al.* Soft tissues, areal bone mineral density and hip geometry estimates in active young boys: the PRO-BONE study. **European Journal of Applied Physiology**, Germany, v. 117, n. 4, p. 833–842, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3568-2>

YILMAZ, Dilek *et al.* Bone mineral density in girls and boys at different pubertal stages: relation with gonadal steroids, bone formation markers, and growth parameters. **Journal of Bone and Mineral Metabolism**, [S. l.], v. 23, n. 6, p. 476–482, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00774-005-0631-6>

ZAMPIER ULBRICH, Anderson. Aptidão física em crianças e adolescentes de diferentes estágios maturacionais. **Fitness & Performance Journal**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 277–282, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.3900/fpj.6.5.277.p>

ZHANG, Li-Qun; WANG, Guangzhi. Dynamic and static control of the human knee joint in abduction–adduction. **Journal of Biomechanics**, [S. l.], v. 34, n. 9, p. 1107–1115, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00080-X)

7. APÊNDICES

Apêndice 1 – cálculo amostral

Apêndice 2 – relatório de exame

Apêndice 3 – matriz de correlação

APÊNCIE 1 – CÁLCULO AMOSTRAL


[1] -- Friday, May 29, 2020 -- 11:42:50

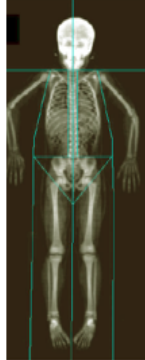

F tests – Linear multiple regression: Fixed model, R² deviation from zero

Analysis: Post hoc: Compute achieved power

Input:	Effect size f^2	=	0.15
α err prob	=		0.05
Total sample size	=		160
Number of predictors	=		8
Output:	Noncentrality parameter λ	=	24.0000000
Critical F	=		2.0002077
Numerator df	=		8
Denominator df	=		151
Power (1- β err prob)	=		0.9506385

APÊNDICE 2 – RELATÓRIO DE EXAME

E.E.E.B PRESIDENTE ROOSEVELT	
AVIAÇÃO	
IDADE	7
SÉRIE/TURMA	21
	
PROJETO ESPORTE E SAÚDE NA ESCOLA	
APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE E PERFIL NUTRICIONAL	
TESTES	MEDIDA CLASSIFICAÇÃO
PESO (Kg)	30
ALTURA (m)	1,27
IMC	18,6 Sobrepeso
PERÍMETRO DA CINTURA (cm)	62,5
PRESSÃO ARTERIAL (mmHg)	108/64
FLEXIBILIDADE (cm)	40 Saudável
ABDOMINAIS (rep)	24 Saudável
APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA (m)	616 Risco
<p>A flexibilidade, abdominal e aptidão cardiorrespiratória referem-se às capacidades que estão profundamente relacionadas com a saúde e à qualidade de vida! Quanto maior a aptidão física, mais energia para a realização das atividades do dia-a-dia e menor o risco de doenças crônico-degenerativas</p>	
APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA AO DESEMPENHO ESPORTIVO	
TESTES	MEDIDA CLASSIFICAÇÃO
FORÇA MUSCULAR DE MEMBROS SUPERIORES (cm)	173 Razoável
FORÇA MUSCULAR DE MEMBROS INFERIORES (cm)	87 Fraço
AGILIDADE (seg)	9,46 Fraço
VELOCIDADE (seg)	5,59 Fraço
<p>A força de membro superiores e inferior, agilidade e velocidade compreendem os componentes necessários para a prática e o sucesso em vários esportes!</p>	
AVIAÇÃO SANGUÍNEA (DEDO)	
TESTES	MEDIDA CLASSIFICAÇÃO
GLICOSE (mg/dL)	79 Desejável
TRIGLICERÍDEOS (mg/dL)	119 Elevado
COLESTEROL (mg/dL)	212 Elevado
<p>Lembramos que esses são exames diagnósticos, caso detectado alguma alteração recomenda-se que procurem um médico!</p>	
RELATÓRIO SOBRE HÁBITOS ALIMENTARES	
ASPECTO AVALIADO	PARECER
CAFÉ DA MANHÃ	Atingiu
INGESTÃO DE FRUTAS	Atingiu
INGESTÃO DE VERDURAS E SALADAS	Não atingiu
DOCES, REFRIS E INDUSTRIALIZADOS	Não atingiu
INGESTÃO DE ÁGUA	Não atingiu
<p>Uma criança tem necessidades nutricionais específicas, comer carnes, arroz e feijão, ao menos duas frutas diariamente, leite e derivados vão contribuir com seu crescimento e desenvolvimento!</p>	
<p><i>Educação física e promoção da saúde a favor da comunidade escolar</i></p>	
<p>Telefone: 33085883</p>	

COMPOSIÇÃO CORPORAL - DEXA	
Parâmetros	MEDIDA
Densidade mineral óssea (g/cm ²)	0,847
Densidade mineral óssea - braços (g/cm ²)	0,559
Densidade mineral óssea - pernas (g/cm ²)	0,831
Conteúdo mineral ósseo (g)	122,17
Conteúdo mineral ósseo - braços (g)	130,68
Conteúdo mineral ósseo - pernas (g)	424,94
Percentual de gordura (%)	28%
Tecido magro (kg)	28kg
	
<p>É considerado o método mais preciso para a avaliação da composição corporal (gordura, músculo e</p>	
	
PROJETO ESPORTE E SAÚDE NA ESCOLA	

Laboratório de Pesquisa do Exercício - LAPEX

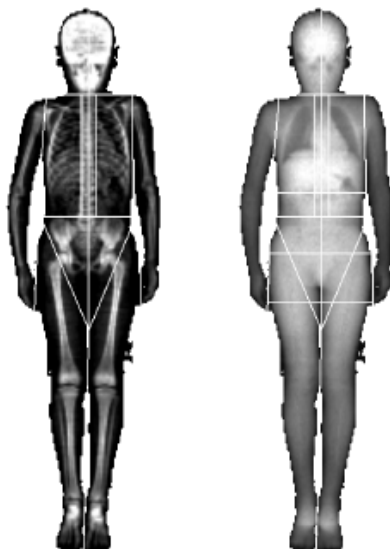
Setor Neuromuscular

Rua Felizardo, 750 - Jardim Botânico POA - Fone:51+33085894

Paciente: 	ID Estabelecimento:
Data de Nascimento: 17/09/2006 10 anos 7 meses	Médico que encaminhou:
Altura / Peso: 138,0 cm 29,0 kg	Medido: 13/05/2017 10:05:54 (14,10)
Sexo / Etnia: Masculino Branco	Analisado: 13/05/2017 10:05:55 (14,10)

Corpo Inteiro Densidade Óssea

Gráf. Ref.: Não existem dados ref. para a região
Pediátrico Corpo Inteiro [TBLH] .



Densitometria (Análise otimizada)	
Região	¹ BMD (g/cm ³)
Cabeça	1,566
Braços	0,553
Pernas	0,818
Tronco	0,662
Costelas	0,585
Coluna	0,688
Pelve	0,732
Total	0,841

Região	¹ BMD (g/cm ²)	Jovem Adulto		Corr. Etária		BMC (g)	⁴ Área (cm ²)
	(%)	T-score	(%)	Z-score			
Cabeça	1,566	-	-	-	-	341,6	218
Braços	0,553	-	-	-	-	113,1	204
Braço direito	0,578	-	-	-	-	58,3	101
Braço esquerdo	0,529	-	-	-	-	54,8	104
Pernas	0,818	-	-	-	-	410,7	502
Perna direita	0,813	-	-	-	-	206,0	253
Perna esquerda	0,822	-	-	-	-	204,7	249
Tronco	0,662	-	-	-	-	323,0	488
Lado direito do tronco	0,679	-	-	-	-	176,9	261
Lado esquerdo do	0,643	-	-	-	-	146,1	227
Costelas	0,585	-	-	-	-	119,7	204
Coluna	0,688	-	-	-	-	61,4	89
Pelve	0,732	-	-	-	-	141,9	194
Total	0,841	-	-	-	-	1.188,4	1.412
Total do lado direito	0,850	-	-	-	-	625,1	735
Total do lado esquerdo	0,832	-	-	-	-	563,3	677
TBLH	0,709	-	-	-	-	846,8	1.194

APENDICÊ 3 – MATRIZ DE CORRELAÇÃO

Apêndice 3. Correlação entre as variáveis da aptidão física e os indicadores de saúde óssea.

	VEL		AGI		PMI		PMS	
	r	valor de p	r	valor de p	r	valor de p	r	valor de p
CMO								
Total	-0,52	0,000	-0,46	0,000	0,35	0,000	0,65	0,000
TSC	-0,49	0,000	-0,42	0,000	0,29	0,000	0,65	0,000
Braços	-0,46	0,000	-0,42	0,000	0,33	0,000	0,64	0,000
Tronco	-0,41	0,000	-0,35	0,000	0,26	0,001	0,58	0,000
Coluna	-0,11	0,000	-0,10	0,000	-0,09	0,261	0,01	0,997
Pelve	-0,29	0,000	-0,24	0,002	0,36	0,000	0,34	0,000
Pernas	-0,54	0,000	-0,47	0,000	0,35	0,000	0,66	0,000
DMO								
Total	-0,54	0,000	-0,47	0,000	0,36	0,000	0,56	0,000
TSC	-0,52	0,000	-0,44	0,000	0,30	0,000	0,60	0,000
Braços	-0,38	0,000	-0,30	0,000	0,25	0,001	0,45	0,000
Tronco	0,44	0,000	0,37	0,000	0,21	0,007	0,55	0,000
Coluna	-0,35	0,000	-0,29	0,002	0,10	0,200	0,50	0,000
Pelve	-0,51	0,000	-0,41	0,000	0,30	0,000	0,52	0,000
Pernas	-0,58	0,000	-0,50	0,000	0,37	0,000	0,63	0,000