



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ROBINSON RODRIGUES GOMES

**TRAJETÓRIAS DA APTIDÃO MUSCULAR NA INFÂNCIA,  
NA ADOLESCÊNCIA E NA IDADE ADULTA E FATORES  
ASSOCIADOS**

---

Londrina  
2025

ROBINSON RODRIGUES GOMES

**TRAJETÓRIAS DA APTIDÃO MUSCULAR NA INFÂNCIA,  
NA ADOLESCÊNCIA E NA IDADE ADULTA E FATORES  
ASSOCIADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque

LONDRINA  
2025

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

G633t Gomes, Robinson Rodrigues.  
Trajetórias da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta e fatores associados. / Robinson Rodrigues Gomes. - Londrina, 2025.  
128 f. : il.

Orientador: Enio Ricardo Vaz Ronque.  
Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2025.  
Inclui bibliografia.

1. Análise de trajetória - Tese. 2. Aptidão muscular - Tese. 3. Preditores - Tese. I. Ricardo Vaz Ronque, Enio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796

ROBINSON RODRIGUES GOMES

**TRAJETÓRIAS DA APTIDÃO MUSCULAR NA INFÂNCIA,  
NA ADOLESCÊNCIA E NA IDADE ADULTA E FATORES  
ASSOCIADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM/UEL do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof. Dr. Luís Alberto Gobbo  
Universidade Estadual Paulista - UNESP

---

Prof. Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves  
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Londrina, 19 de Março de 2025.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me permitir chegar até aqui. Aos meus pais, Armando e Iolanda, por sempre me aconselharem e me direcionarem aos estudos. À minha esposa, Cristina, pela compreensão e companheirismo.

A todos os professores que fizeram parte da minha trajetória, que me inspiraram e motivaram a seguir nesta linda profissão. Ao meu orientador, Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, por me proporcionar a oportunidade de realizar a tão sonhada pós-graduação e por todo o ensinamento compartilhado.

Aos membros do Laboratório de Atividade Física e Saúde, Dr. Julio Cesar da Costa, Me. Mileny Freitas e Gabriel Albertuni, por serem mais do que colegas e tornarem este processo mais leve e divertido. A todos os membros do Grupo de Pesquisa e Estudos em Atividade Física e Exercício (GEPAFE), pela enriquecedora convivência.

Aos professores Dr. Luís Alberto Gobbo e Dr. Ezequiel Moreira Gonçalves, por aceitarem prontamente fazer parte desta banca e contribuírem para a finalização deste estudo.

Aos professores Me. André de Oliveira Werneck, pela ajuda e conhecimento compartilhado, e Me. Leonardo Alex Volpato, pela dedicação e amizade.

À CAPES, pela concessão das bolsas de estudos, tão importantes neste processo, e pelo incentivo à pesquisa.

À CNPQ pelo fomento ao projeto de pesquisa.

Ao programa de Pós-Graduação em Educação Física associado UEM/UEL e à Universidade Estadual de Londrina, pela qualidade empregada na formação de profissionais qualificados.

A todos que contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, meu muito obrigado!

GOMES, Robinson Rodrigues. **Trajetórias da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta e seus fatores associados**. 2025. 128 fls. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEM-UEL, do Centro de Educação Física e Esportes da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, 2025.

## RESUMO

**OBJETIVOS:** Analisar as trajetórias da aptidão muscular na infância, adolescência e idade adulta e seus fatores associados. Os objetivos específicos foram: a) revisar a literatura sobre o desenvolvimento longitudinal da aptidão muscular; b) identificar as trajetórias da aptidão muscular em diferentes fases da vida; c) identificar os preditores da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta. **MÉTODOS:** Este estudo é parte do projeto "Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta: um estudo longitudinal". Foram selecionados 206 escolares de 7 a 10 anos e 166 de 11 a 14 anos na primeira fase (2002-2005). Na segunda fase (2016), 150 indivíduos entre 21 e 25 anos foram localizados. Na terceira fase (2024), 68 participantes entre 28 e 32 anos foram convidados. Nas três fases do estudo foram coletadas as características antropométricas, de composição corporal e testes motores (preensão manual, teste abdominal e impulsão horizontal), além do nível maturacional (fase 1) e da atividade física habitual (fase 3). Os dados foram processados nos softwares SPSS v.29.0 e Stata/IC v.17.0, utilizando-se análise de trajetória, análise de correlação de Pearson e regressão linear múltipla. **RESULTADOS:** A revisão de literatura identificou 6 artigos longitudinais, todos mostrando aumento na aptidão muscular na infância e adolescência. Os principais preditores foram massa corporal, estatura, idade cronológica, massa magra, sexo e maturação. A análise de trajetória indicou que o modelo quadrático com divisão em três grupos melhor caracterizou os dados. Na infância, 22,9% estavam abaixo da média de aptidão muscular, 56,7% na média e 20,4% acima, e os preditores desta fase foram: massa magra ( $\beta = 0,428$ ;  $P < 0,001$ ), estatura ( $\beta = 0,255$ ;  $P = 0,004$ ) e sexo ( $\beta = -0,179$ ;  $P < 0,001$ ), responsáveis por até 49,7% da variação observada na aptidão muscular. Na adolescência, 30,6% estavam abaixo da média, 49,8% na média e 19,6% acima, tendo como preditor o PVC ( $\beta = 0,256$ ;  $P < 0,001$ ), explicando até 6% da variação observada. Na idade adulta, 56,4% estavam abaixo da média, 31,5% na média e 12,1% acima. Observou-se aumento na

aptidão muscular durante a infância e adolescência, com platô aos 23 anos, seguido de declínio, os preditores desta fase foram: massa muscular ( $\beta = 0,587$ ;  $P = 0,093$ ), sexo ( $\beta = -0,551$ ;  $P < 0,001$ ), IMC ( $\beta = -0,507$ ;  $P = 0,021$ ) e estatura ( $\beta = -0,491$ ;  $P = 0,048$ ), correspondendo até 72,8% da variação observada. **CONCLUSÃO:** A aptidão muscular segue um padrão parabólico, com aumento constante na infância e adolescência, atingindo platô na primeira metade da segunda década de vida e declinando posteriormente. O estudo, realizado ao longo de três fases do desenvolvimento físico, identificou variáveis antropométricas, sexo e estado maturacional como preditores significativos em diferentes fases da vida. Esses achados destacam a importância de considerar essas variáveis na avaliação e promoção da aptidão muscular ao longo do desenvolvimento humano.

**Palavras-chave:** aptidão muscular; trajetórias desenvolvimentais; infância; adolescentes; adultos; estudo longitudinal; preditores.

GOMES, Robinson Rodrigues. **Trajectories of muscular fitness in childhood, adolescence and adulthood and their associated factors**. 2025. 128 fls. Master's dissertation presented to the UEM-UEL Physical Education Associate Postgraduate Program at the Physical Education and Sports Center of the State University of Londrina - UEL, Londrina, 2025.

## ABSTRACT

**OBJECTIVES:** To analyze the trajectories of muscular fitness in childhood, adolescence and adulthood and their associated factors. The specific objectives were: a) to review the literature on the longitudinal development of muscular fitness; b) to identify the trajectories of muscular fitness at different stages of life; c) to identify the predictors of muscular fitness in childhood, adolescence and adulthood. **METHODS:** This study is part of the project "Trajectories of cardiorespiratory fitness in childhood and adolescence with indicators of cognitive function in adulthood: a longitudinal study". 206 schoolchildren aged 7 to 10 and 166 aged 11 to 14 were selected in the first phase (2002-2005). In the second phase (2016), 150 individuals aged between 21 and 25 were located. In the third phase (2024), 68 participants aged between 28 and 32 were invited. In the three phases of the study, anthropometric characteristics, body composition and motor tests (handgrip, abdominal test and horizontal thrust) were collected, as well as maturational level (phase 1) and habitual physical activity (phase 3). The data was processed using SPSS v.29.0 and Stata/IC v.17.0 software, using path analysis, Pearson's correlation analysis and multiple linear regression. **RESULTS:** The literature review identified 6 longitudinal articles, all showing an increase in muscular fitness in childhood and adolescence. The main predictors were body mass, height, chronological age, lean mass, gender and maturation. Path analysis indicated that the quadratic model with division into three groups best characterized the data. In childhood, 22.9% were below average in muscular fitness, 56.7% average and 20.4% above, and the predictors of this phase were: lean mass ( $\beta = 0.428$ ;  $P < 0.001$ ), height ( $\beta = 0.255$ ;  $P = 0.004$ ) and gender ( $\beta = -0.179$ ;  $P < 0.001$ ), responsible for up to 49.7% of the variation observed in muscular fitness. In adolescence, 30.6% were below average, 49.8% average and 19.6% above, with CVP as a predictor ( $\beta = 0.256$ ;  $P < 0.001$ ), explaining up to 6% of the variation observed. In adulthood, 56.4% were below average, 31.5% average and 12.1% above. There was an increase in muscular fitness during childhood and adolescence, with a plateau at

the age of 23, followed by a decline. The predictors at this stage were: muscle mass ( $\beta = 0.587$ ;  $P = 0.093$ ), gender ( $\beta = -0.551$ ;  $P < 0.001$ ), BMI ( $\beta = -0.507$ ;  $P = 0.021$ ) and height ( $\beta = -0.491$ ;  $P = 0.048$ ), accounting for up to 72.8% of the variation observed.

**CONCLUSION:** Muscular fitness follows a parabolic pattern, with a steady increase in childhood and adolescence, reaching a plateau in the first half of the second decade of life and declining thereafter. The study, carried out over three stages of physical development, identified anthropometric variables, gender and maturational status as significant predictors at different stages of life. These findings highlight the importance of considering these variables when assessing and promoting muscular fitness throughout human development.

**Keywords:** muscular fitness; developmental trajectories; childhood; adolescents; adults; longitudinal study; predictors.

## Lista de ilustrações

Figura 1.A – Curva de crescimento da aptidão muscular.....	20
Figura 1.B – Variação dos preditores da aptidão muscular.....	20
Figura 2.1 – Cálculo do tamanho amostral.....	23
Figura 2.2 – Procedimentos da determinação da amostra.....	24
Figura 3.1 – Demonstra o processo de seleção e exclusão dos estudos.....	39
Figura 3.2 – Trajetória do teste de força/resistência abdominal na infância, na adolescência e na idade adulta.....	61
Figura 3.3 – Trajetória do teste de impulsão horizontal na infância, na adolescência e na idade adulta.....	64
Figura 3.4 – Trajetória do teste de prensão manual na infância, na adolescência e na idade adulta.....	66
Figura 3.5 – Trajetória do score z na infância, na adolescência e na idade adulta.....	69

## Lista de Tabelas

Tabela 2.3 – Erro técnico de medida intra-avaliador entre duas séries de medidas repetidas de variáveis antropométricas e motoras.....	30
Tabela 2.4 – Comparação entre os indivíduos que participaram da fase III (2024) e dos que não participaram.....	31
Tabela 3.3 – Descrição da avaliação de qualidade dos estudos incluídos na presente revisão sistemática. Critérios adaptados da listagem de verificação STROBE.....	40
Tabela 3.4 – Resumo dos estudos que analisaram a força muscular da infância/adolescência e da fase adulta.....	41
Tabela 3.5 – Características descritivas em um acompanhamento de 22 anos.....	59
Tabela 3.6 – Características dos grupos de trajetórias para o teste abdominal.....	60
Tabela 3.7 – Características dos grupos de trajetórias para o teste de impulsão horizontal.....	63
Tabela 3.8 – Características dos grupos de trajetórias para o teste de preensão manual.....	65
Tabela 3.9 – Características dos grupos de trajetórias para a aptidão muscular.....	68
Tabela 4 – Dados descritivos da amostra em um acompanhamento de 22 anos.....	85
Tabela 4.1 – Características descritivas da aptidão muscular entre os sexos.....	86
Tabela 4.2 – Correlação entre os testes motores e os preditores da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta.....	88
Tabela 4.3 – Regressão linear múltipla no período da infância.....	89

Tabela 4.4 – Regressão linear múltipla no período da adolescência.....	90
Tabela 4.5 – Regressão linear múltipla na fase adulta.....	91
Tabela 4.6 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na infância para o teste de prensão manual.....	119
Tabela 4.7 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na adolescência para o teste de prensão manual.....	120
Tabela 4.8 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na fase adulta para o teste de prensão manual.....	120
Tabela 4.9 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na infância para o teste abdominal.....	121
Tabela 5 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na adolescência para o teste abdominal.....	122
Tabela 5.1 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na fase adulta para o teste abdominal.....	122
Tabela 5.2 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na infância para o teste de impulsão horizontal.....	123
Tabela 5.3 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na adolescência para o teste de impulsão horizontal.....	124
Tabela 5.4 – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na fase adulta para o teste de impulsão horizontal.....	124
Tabela 5.5 – Valores do teste abdominal por idade.....	125
Tabela 5.6 – Valores do teste impulsão horizontal por idade.....	126
Tabela 5.7 – Valores do teste prensão manual por idade.....	127

## Lista de quadros

Quadro 2.1 – Pontos de cortes, em counts, para as intensidades da atividade física.....	29
Quadro 2.2 – Variáveis dependentes e independentes do estudo.....	29
Quadro 3.1 – Definição do acrônimo “PICOS” .....	35
Quadro 3.2 – Adaptação da listagem de verificação STROBE para classificação da qualidade dos estudos observacionais da presente revisão sistemática.....	37

## Lista de abreviações

CPM	Counts por minuto
ETM	Erro técnico de medida
CCI	Coefficiente de correlação intraclasse
REP	Repetições
SPM	Soma da preensão manual
IH	Impulsão horizontal
Nm	Neuton metro
OMS	Organização mundial da saúde
KGF	Quilo grama força
BIC	Critério de informação Bayesiano
AIC	Critério de informação Akaike
ABDO	Abdominal
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
PVC	Pico de velocidade de crescimento

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 .....	16
1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1. O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA.....	16
1.2. OBJETIVOS E ESTRUTURA DO PROJETO .....	21
CAPÍTULO 2 .....	22
2. PRECEDIMENTO METODOLÓGICOS .....	22
2.1. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE I – INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA) .....	22
2.2. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE II - ADULTOS) .....	22
2.3. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE III - ADULTOS) .....	23
2.3.1. Cálculo do tamanho da amostral.....	23
2.3.2. Critérios de inclusão e exclusão do estudo .....	25
2.4. ORGANIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS .....	25
2.5. VARIÁVEIS DO ESTUDO.....	26
2.5.1. Medidas antropométricas .....	26
2.5.2. Composição corporal.....	26
2.5.3. Idade cronológica .....	26
2.5.4. Maturação somática .....	27
2.6. TESTES MOTORES .....	27
2.6.1. Preensão manual .....	27
2.6.2. Teste de resistência/força abdominal modificado.....	27
2.6.3. Salto horizontal.....	28
2.6.4. Medida da atividade física no adulto (fase 3) .....	28
2.7. VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES .....	29
2.8. CONTROLE DA QUALIDADE DOS DADOS .....	29
2.9. TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	31
CAPÍTULO 3 – artigo de revisão sistemática .....	33
3.1. INTRODUÇÃO .....	34

3.2. MÉTODOS .....	35
3.2.1. Estratégia de busca.....	35
3.2.2. Critérios de elegibilidade .....	36
3.2.3. Gestão de dados e processo de seleção .....	39
3.3. RESULTADOS .....	41
3.3.1. Síntese dos resultados.....	41
3.3.2. Características dos estudos .....	46
3.3.3. Métodos para obter as variáveis de aptidão muscular .....	46
3.3.4. Aptidão muscular.....	46
3.4. DISCUSSÃO .....	47
3.5. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 4 – artigo original 1 .....	53
4.1. INTRODUÇÃO .....	55
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	56
4.2.1. Amostra .....	56
4.2.2. Critérios de inclusão e exclusão do estudo .....	57
4.2.3. Coleta de dados e variáveis do estudo .....	57
4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	58
4.4. RESULTADOS .....	59
4.5. DISCUSSÃO .....	71
REFERÊNCIAS.....	73
CAPÍTULO 5 – artigo original 2.....	79
5.1. INTRODUÇÃO .....	81
5.2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	82
5.2.1. Amostra .....	82
5.2.2. Critérios de inclusão e exclusão do estudo .....	82

5.2.3. Coleta de dados e variáveis do estudo .....	83
5.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....	84
5.4. RESULTADOS .....	85
5.5. DISCUSSÃO .....	92
REFERÊNCIAS.....	95
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	98
REFERÊNCIAS.....	100
APÊNDICES.....	110
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	110
APÊNDICE B – COMITE DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS.....	112
APÊNDICE C – DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS DE TRAJETÓRIAS AO LONGO DO TEMPO.....	119
APÊNDICE D – VALORES DOS TESTE MOTORES POR IDADE.....	125

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA

A aptidão física é definida como a capacidade de realizar as atividades diárias com vigor sem causar fadiga excessiva. A composição corporal, a capacidade aeróbia, a força muscular, a resistência muscular e a flexibilidade são os componentes mensuráveis da aptidão física relacionada à saúde (Caspersen et al., 1985).

A capacidade de realizar trabalho contra uma resistência é denominada por aptidão muscular, e engloba a força máxima isométrica e dinâmica, a força isocinética, a potência muscular e a resistência muscular (Ortega et al., 2008).

A avaliação da aptidão muscular por meio do teste de preensão manual, é utilizado não apenas para medir a força da mão, mas é aplicada como indicativo de força global do corpo humano (Frederiksen et al., 2006; Desrosiers et al., 1997; Desrosiers et al., 1999), assim como, utilizada para a avaliação da diminuição da força corporal com o aumento da idade (Desrosiers et al., 1999; Frederiksen et al., 2006; Barbosa et al., 2005; Desrosiers et al., 1997).

A medição da força de preensão manual tem sido sugerida como componente chave da avaliação funcional dos membros superiores (Ferreira et al., 2011). Poucos estudos longitudinais que acompanham a força muscular de preensão manual da infância até a idade adulta têm sido realizados na América do Sul, exceto dois estudos que mostraram valores normativos na Colômbia (Ramirez-Vélez et al., 2021) e outro no Chile (Gómez-Campos et al., 2022), ambos com delineamentos transversais.

Globalmente, estima-se que cerca de 500 milhões de novos casos de doenças não transmissíveis evitáveis ocorram entre 2020 e 2030, implicando custos anuais de tratamento entre 300 bilhões de dólares, caso não haja mudança nos níveis atuais de prevalência da inatividade física. Estima-se ainda que  $\frac{3}{4}$  dos casos ocorram nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, nos países desenvolvidos, os gastos em saúde para o tratamento de doenças decorrentes da inatividade física pode chegar a 70% (OMS, 2022).

A adesão às diretrizes de atividade de fortalecimento muscular é baixa, ou seja, o não cumprimento das atividades de fortalecimento muscular três dias por semana

(Bull et al., 2020), apesar das evidências que destacam uma série de benefícios à saúde associados à melhores níveis de aptidão muscular na infância (Smith et al., 2014; Ortega et al., 2008).

Em 2017-2018, apenas 15,8% dos australianos de 15 a 17 anos atingiram as quantidades recomendadas de atividades de fortalecimento muscular (ABSNHS, 2018). E em adultos a adesão a estas diretrizes é baixa em muitas partes do mundo (Bennie et al., 2022).

No Brasil, apenas 19,4% dos adultos atendem às recomendações de atividade física no tempo livre para as modalidades de atividades físicas aeróbias de intensidade moderada a vigorosa, enquanto apenas 8,6% atendem às recomendações para a modalidade de fortalecimento muscular, e apresentam menor prevalência de atividade física no tempo livre com o aumento da idade (Oliveira et al., 2023).

Em crianças e adolescentes a aptidão muscular insuficiente pode ocasionar o desuso muscular, disfunções neuromusculares e inatividade física (Orsso et al., 2019; Faigenbaum et al., 2019; Gomes et al., 2017). Em contrapartida, jovens que apresentam níveis adequados de aptidão muscular tendem a engajar-se em atividades físicas vigorosas, e assim, podendo otimizar ganhos em outros componentes importantes da aptidão física (Faigenbaum et al., 2020; Zwolski et al., 2017; Smith et al., 2019).

Diante disso, a detecção precoce e o monitoramento dos indicadores da aptidão muscular em crianças podem levar a intervenções precoces e apropriadas para diminuir a carga dessas condições no indivíduo adulto (Sayer et al., 2008), uma vez que o pico da aptidão muscular atingido durante a infância e a adolescência parece influenciar nestas características na idade adulta (Barbosa et al., 2023; Fraser et al., 2021).

Durante o período de crescimento físico, o aprimoramento da aptidão muscular é gradual e verifica-se um aumento relativamente linear da massa muscular em relação à idade. Durante a pré-puberdade, meninos apresentam valores de massa muscular discretamente maiores quando comparados às meninas. Contudo, a partir da puberdade, em virtude da influência hormonal, as vantagens aos rapazes tornam-se evidentes. O aumento da massa muscular reflete no desempenho da aptidão muscular, no entanto, o desempenho também é influenciado pela genética, por

adaptações neurais, pela maturidade biológica e os efeitos do exercício físico (Malina; Bouchard; Bar-Or, 2009; Lloyd et al., 2014).

A aptidão muscular pode ser influenciada por fatores biológicos, como as características genéticas, e por hábitos da vida, como a alimentação e a atividade física. Estes fatores revelam diferenças importantes na quantidade e qualidade da aptidão muscular. Como resultado, os valores de referência da aptidão muscular podem diferir entre populações que apresentam características diferentes. Portanto, o desenvolvimento de valores de referência para cada população ou etnia é importante (Lopez-Gonzalez et al., 2021; Do Amaral Benfica et al., 2018).

O declínio da aptidão muscular, que tem início na fase adulta e acentua-se em idosos, parece não ser linear, mas acelera com o aumento da idade. O exercício físico é atualmente a única intervenção, não medicamentosa, que demonstrou melhorar efetivamente a aptidão muscular e prevenir o declínio ao longo da vida (Aartolahti et al., 2020).

A aptidão muscular na infância e adolescência é crucial para a saúde geral ao longo da vida, influenciada por fatores como a atividade física regular, variáveis antropométricas e de composição corporal, que são determinantes essenciais para prevenir doenças crônicas na idade adulta. Estas variáveis são importantes porque podem influenciar diretamente a capacidade muscular e a predisposição para certas condições de saúde (Ortega et al., 2008; Malina, 2001).

Com base nessas informações, acredita-se que o nível de aptidão muscular na infância possa influenciar a aptidão muscular na idade adulta, e a identificação das trajetórias da aptidão muscular, assim como, os preditores em cada fase, possa ser importante para estabelecer estratégias de prevenção da aptidão muscular insuficiente (Barbosa et al., 2023; Sayer et al., 2008).

Uma grande parte dos estudos que examinam os efeitos do crescimento e da maturação no desenvolvimento da aptidão muscular são, predominantemente, de natureza transversal (De Ste Croix, 2002), e utilizam-se de técnicas estatísticas lineares, univariadas e/ou multivariadas ao explicar as interrelações entre as variáveis estudadas. Ao passo que, investigações recentes encontraram regressões não lineares altamente aplicáveis na definição da lógica e da natureza das interrelações, como preditores antropométricos e critérios de aptidão física (Zenic et al., 2013).

A identificação e a análise de trajetórias desenvolvimentais do desempenho da aptidão muscular do período da infância até a idade adulta, pode contribuir na

fundamentação deste recurso. As trajetórias desenvolvimentais são modelos que identificam agrupamentos de indivíduos que apresentam uma progressão similar em determinado comportamento no decorrer do tempo. Trata-se de uma estratégia de análise que possibilita verificar o padrão e o efeito cumulativo de um comportamento em uma variável dependente, como foi identificado no estudo de Fraser et al. (2022).

Acredita-se que ocorra aumento gradativo nos níveis de aptidão muscular, e que esta interação possa não ser linear, desde a infância, passando pelo período da adolescência, até que um platô seja atingido na idade adulta, que geralmente ocorre entre a segunda e a terceira década de vida, seguido por um decréscimo, que pode não ser linear, da aptidão muscular que acompanha o indivíduo até o fim da vida (Gómez-Campo et al., 2023).

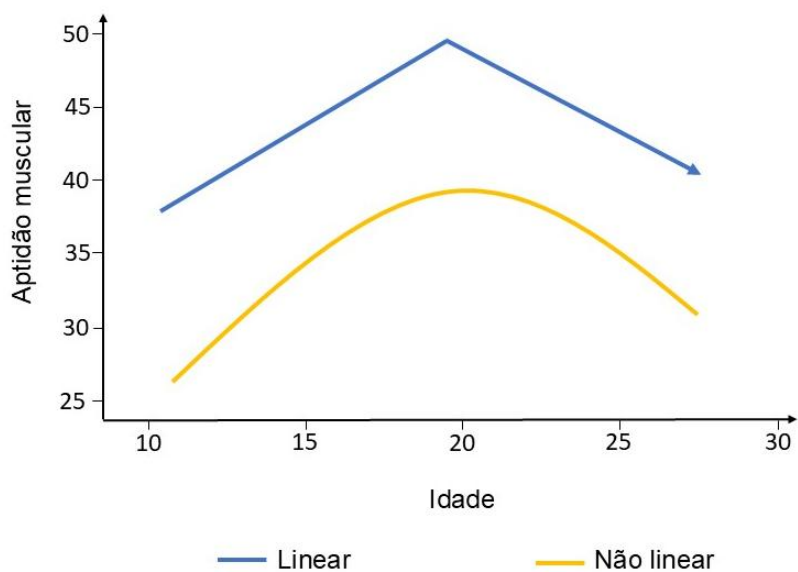
Fatores associados como a massa corporal (Brent et al., 2013; De Ste Croix et al., 2002; Holm et al., 2005), estatura (Wood et al., 2008; Duarte et al., 2018; De Ste Croix et al., 2002), massa magra (Wood et al., 2008; Duarte et al., 2018), idade cronológica (Duarte et al., 2018; Charlier et al., 2016; Alcazar et al., 2023), maturação biológica (Peek et al., 2022), sexo (Peek et al., 2022), são apontados como preditores da aptidão muscular por toda a vida, contudo, compreender qual destes fatores desempenha mais ou menos predição da aptidão muscular em cada fase da vida ainda não está bem esclarecido.

Com base nas trajetórias da aptidão muscular desde a infância, passando pela adolescência e alcançando a idade adulta, foram formuladas as seguintes hipóteses:

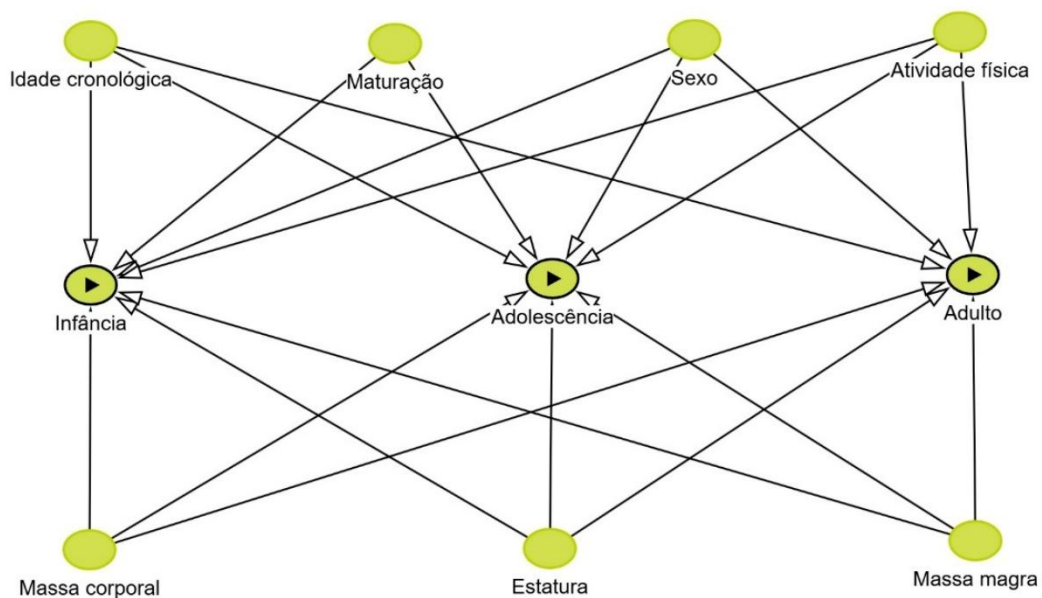
Hipótese 1 (Figura 1.A): A aptidão muscular apresenta um padrão de crescimento ascendente durante a infância e adolescência, atingindo um platô na fase adulta, tipicamente entre a segunda e a terceira década de vida, além disso, o desenvolvimento dessas curvas parecem ser melhor explicado por métodos estatísticos não lineares.

Hipótese 2 (Figura 1.B): Os fatores preditores da aptidão muscular variam em seu nível de influência ao longo das diferentes fases da vida, refletindo as mudanças biofisiológicas e ambientais que ocorrem durante esses períodos.

**Figura 1.A** – Curva de crescimento da aptidão muscular.



**Figura 1.B** – Variação dos preditores da aptidão muscular.



Fonte: Próprio autor.

## 1.2. OBJETIVOS E ESTRUTURA DO PROJETO

O presente estudo segue sua apresentação no modelo escandinavo de apresentação. Os artigos científicos foram oriundos de uma pesquisa longitudinal iniciada no ano de 2002 e teve sua terceira fase finalizada no ano de 2024, pelo Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício (GEPAFE) da Universidade Estadual de Londrina.

O objetivo geral foi analisar as trajetórias da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta e fatores associados.

Para tanto, foram realizados três artigos científicos a serem submetidos em periódicos indexados pela CAPES, sendo o primeiro uma revisão sistemática da literatura, e dois artigos originais. Os títulos dos artigos científicos propostos, bem como seus respectivos objetivos são os seguintes:

**Artigo 1:** Desenvolvimento da aptidão muscular na infância e na adolescência: uma revisão sistemática.

**Objetivo:** Revisar longitudinalmente o desenvolvimento da aptidão muscular na infância e na adolescência, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

**Artigo 2:** Trajetórias da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta. Um estudo longitudinal de 22 anos.

**Objetivo:** Identificar as trajetórias da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta a partir da análise de trajetórias desenvolvimentais.

**Artigo 3:** Fatores associados da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta.

**Objetivo:** Identificar os preditores da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta.

## CAPÍTULO 2

### **2. PRECEDIMENTO METODOLÓGICOS**

#### **2.1. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE I – INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA)**

O presente estudo faz parte de um banco de dados de um estudo prospectivo intitulado “Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta: um estudo longitudinal”, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, de acordo com as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, sob o Parecer nº 5.516.440 de 08/07/2022 (ANEXO A). Trata-se de uma pesquisa observacional com delineamento longitudinal.

A amostra foi constituída de forma intencional. Foram selecionados os indivíduos que tinham entre sete e 14 anos, de ambos os sexos, e realizaram-se medidas antropométricas, de composição corporal, aptidão muscular e maturação somática, conforme descrito por Ronque et al., 2018. Nesta fase foram avaliados 519 sujeitos de ambos os sexos.

#### **2.2. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE II - ADULTOS)**

Com base nas informações pessoais dos sujeitos arquivadas nos bancos de dados, esses foram contatados por meios de comunicação tais como endereço eletrônico, telefone e redes sociais e, foram convidados a participar da segunda fase do estudo em 2016. Foram recrutados todos os sujeitos que participaram da fase I (7 a 14 anos), e que apresentavam todas as medidas das variáveis antropométricas, composição corporal e aptidão muscular. Nesta fase os indivíduos tinham entre 18 e 25 anos, sendo que 150 participantes da primeira fase aceitaram comparecer e foram avaliados na fase II do estudo.

Nesta etapa, foram coletadas, de forma objetiva (acelerômetro), as informações de atividade física habitual na fase II.

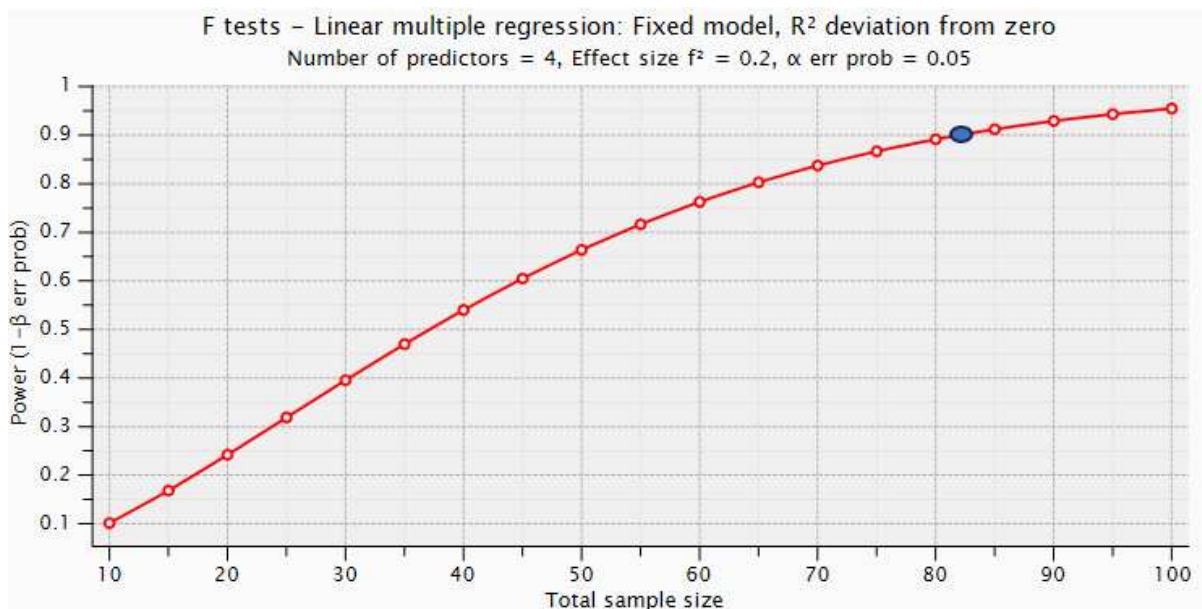
### 2.3. DESENHO E PARTICIPANTES DO ESTUDO (FASE III - ADULTOS)

Participaram desta fase 68 sujeitos, de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 anos, que foram avaliados, em pelo menos um momento na fase I, também avaliados na fase II, e que apresentavam as medidas de aptidão muscular, variáveis antropométricas e de composição corporal. Além disso, foram coletadas as informações da atividade física habitual (acelerômetro).

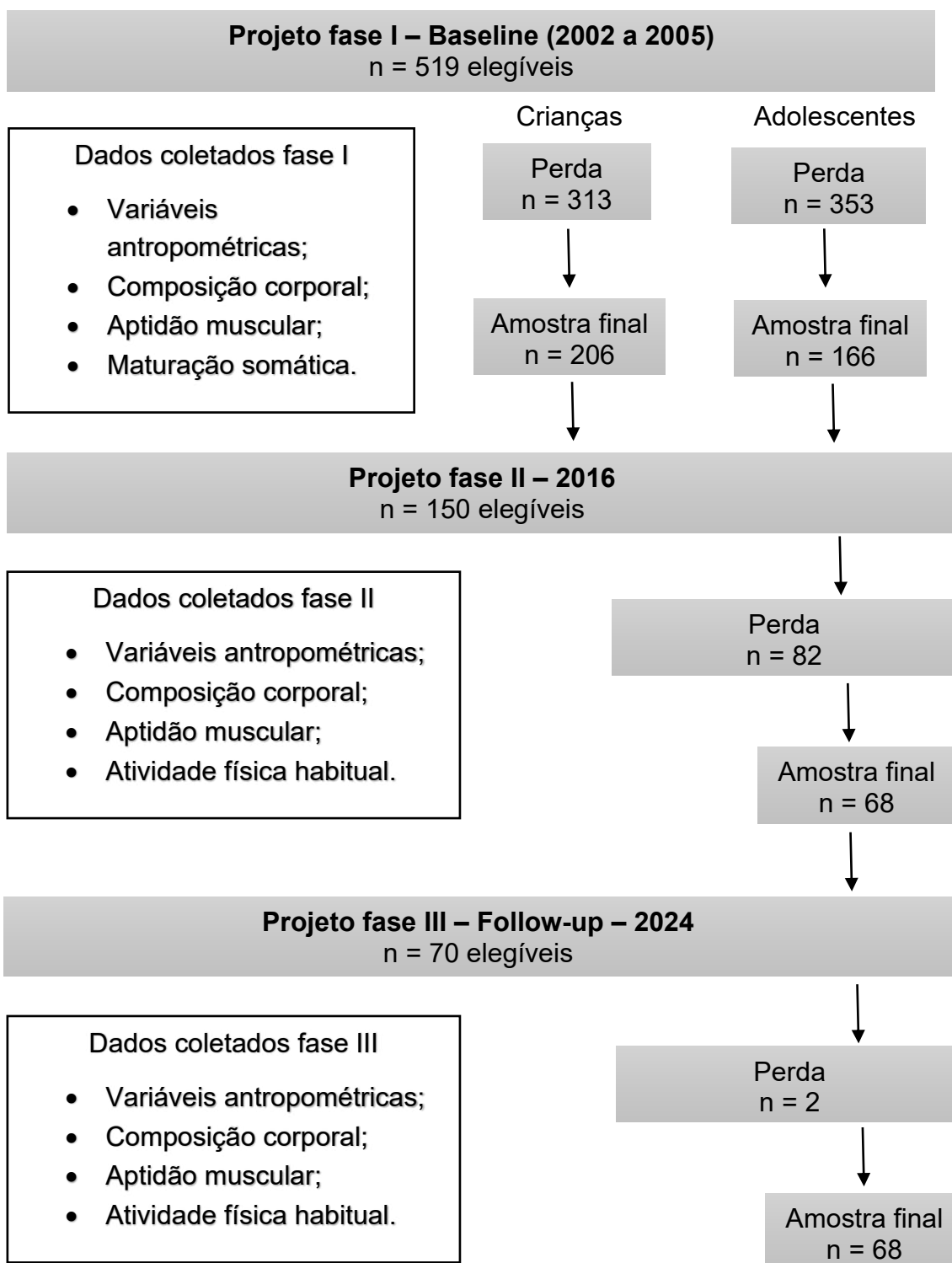
#### 2.3.1. Cálculo do tamanho da amostral

O cálculo amostral utilizando o software *GPower* 3.1.9.7 foi realizado a posteriori para estimar o poder de explicação das análises. Considerando a quantidade de possíveis variáveis preditoras, a estatística utilizada no estudo e o número final de participantes ( $n = 68$ ), um poder de explicação de 0,82 foi obtido (Figura 2.1) ( $f^2 = 0,2$ ;  $1-\beta = 0,82$ ;  $\alpha = 0,05$ ) (Faul *et al.*, 2007)

**Figura 2.1** – Cálculo do tamanho amostral



**Figura 2.2** – Procedimentos da determinação da amostra



### **2.3.2. Critérios de inclusão e exclusão do estudo**

Os critérios de inclusão para a participação na pesquisa foram: ter participado e apresentado medidas das variáveis antropométricas, composição corporal e aptidão muscular em qualquer momento da fase I do estudo (sete a 14 anos) e da fase II (18 a 25 anos). Como ponto de corte para as análises posteriores foram selecionados os sujeitos que participaram (ao menos) três vezes das coletas no período da infância ou adolescência e duas vezes na idade adulta. Os participantes que fizeram uso frequente de algum medicamento, estavam em tratamento de alguma doença, possuíam alguma limitação física que impossibilitasse a realização dos testes físicos ou não retornaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) devidamente assinado foram excluídos do estudo. Também foram excluídos das análises os indivíduos que não apresentaram dados completos de aptidão muscular, componentes antropométricos e composição corporal.

### **2.4. ORGANIZAÇÃO DA COLETA DE DADOS**

A coleta de dados na fase I compreendeu o período de 2002 a 2005, caracterizando os períodos da infância e adolescência, a fase II ocorreu no ano de 2016, caracterizando o primeiro momento da fase adulta. A fase III foi realizada nos meses de março a setembro de 2024, nas dependências do Centro de Educação Física e Esporte – CEFE/UEL, e compreendeu o segundo momento da fase adulta. A coleta de dados foi dividida em dois momentos: no primeiro momento os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa, os dados que seriam coletados, receberam o TCLE e foram coletados os dados antropométricos, de composição corporal, de dinamometria manual e foi entregue o acelerômetro para quantificar a atividade física. No segundo momento (uma semana depois) foram coletados os dados da resistência abdominal e do salto horizontal, e foi recolhido o acelerômetro. Detalhes específicos de cada variável do estudo estão descritos a seguir.

## **2.5. VARIÁVEIS DO ESTUDO**

### **2.5.1. Medidas antropométricas**

Na fase 1 a massa corporal foi medida em uma balança antropométrica de plataforma digital, da marca Filizola, modelo ID-1500, graduada de zero a 150 kg, com precisão de 0,05kg. Na fase 2 e 3, as medidas foram realizadas em uma sala reservada para evitar qualquer tipo de constrangimento ao avaliado, a massa corporal foi mensurada em uma balança de plataforma digital, marca Seca, com precisão de 0,1 kg, ao passo que a estatura, na fase 1, foi obtida por meio de um estadiômetro de madeira, com precisão de 0,1 cm. Nas fases 2 e 3 a estatura foi determinada em um estadiômetro portátil Harpenden®, com precisão de 0,1 cm, e nas três fases seguiu-se os procedimentos descritos por Gordon; Chumlea e Roche (1988).

### **2.5.2. Composição corporal**

A composição corporal foi estimada pela medida de espessura das dobras cutâneas, nas 3 fases, foi utilizado um adipômetro científico da marca Lange (*Cambridge Scientific Industries Inc.*), de fabricação norte-americana, com precisão de 1mm, os procedimentos seguiram as padronizações descritas por Harrison et al. (1988). Na fase I, para o cálculo do percentual de gordura, quantidade de massa magra e da massa gorda foi utilizado o protocolo proposto por Slaughter et al. (1988). Na fase II e III, o cálculo estimado foi realizado utilizando o protocolo proposto por Guedes et al. (1991).

### **2.5.3. Idade cronológica**

Quanto à formação dos grupos etários, foram estabelecidas as idades decimais, conforme procedimentos descritos por Ross e Marfell-Jones (1982), tendo como referência a data de nascimento e a data de coleta de dados, adotando-se os intervalos decimais entre 0,50 a 0,49, de acordo com Eveleth e Tanner (1990).

#### **2.5.4. Maturação somática**

A maturação somática foi expressa pelo pico de velocidade de crescimento (PVC), calculado a partir da idade cronológica, menos a estatura, seguindo as recomendações de Moore et al., (2015). O referido método utiliza variáveis antropométricas para indicar o tempo (anos) que falta (-) ou que já passou (+) do PVC, um importante evento maturacional ligado ao estirão de crescimento.

### **2.6. TESTES MOTORES**

Os indivíduos foram instruídos a não fazer uso de medicamentos, não fumar, não comer, e não ingerir bebidas alcoólicas duas horas antecedentes a realização de cada um dos testes. Além disso, todos os sujeitos também foram orientados a não realizar qualquer tipo de exercício físico ao longo das 24 horas precedentes a cada teste.

#### **2.6.1. Preensão manual**

Foi utilizado um dinamômetro científico manual, ajustável do tipo Jamar Hydraulic Dynamometer (Sammons e Preston Scientific Industries Inc.), de fabricação norte-americana, com precisão de dois kgf, graduado de zero a 90 kgf. Os indivíduos foram testados três vezes em cada mão, alternadamente, buscando atingir o maior valor. Para a execução do teste, deveriam estar de pé, com os braços paralelamente ao corpo, sem que ocorresse a flexão do cotovelo, realizaram a maior força de preensão manual, assim como descritos por Soares e Sessa (2001). Para as análises, foram utilizados a soma da maior preensão manual do braço direito e esquerdo.

#### **2.6.2. Teste de resistência/força abdominal modificado**

Utilizou-se de um colchão para a prática de ginástica e um cronômetro. Cada avaliado foi orientado a realizar o máximo de repetições possíveis durante 60 segundos. O avaliado inicialmente colocou-se em posição de decúbito dorsal, quadris e joelho flexionados com as plantas do pé voltadas para o solo. Os braços cruzados no tórax com as mãos apoiadas nos ombros. Os pés foram seguros pelo avaliador e

o avaliado elevou o tronco até o contato dos antebraços com as coxas e retornando à posição inicial. Durante a execução do teste foi permitida a realização de descanso entre uma repetição e outra, mas todos os avaliados foram orientados e incentivados a realizar o máximo de repetição possível em 60 segundos. Os procedimentos seguiram as padronizações descritas pela AAHPERD (1988).

### **2.6.3. Salto horizontal**

Para realização do teste, o avaliado saltou à frente, com impulso simultâneo das pernas, procurando atingir o ponto mais distante possível, preferencialmente com os pés paralelos. A movimentação dos braços e do tronco foi totalmente livre e a critério do avaliado. O salto foi realizado de maneira que a escala de medida se posicione entre os pés do avaliado, permanecendo nessa posição até que a leitura da medida fosse realizada. Ofereceu-se ao avaliado três tentativas de salto, os resultados dos saltos foram registrados a cada tentativa, prevalecendo a maior distância alcançada em centímetros entre a linha de partida e a linha do calcanhar que tocou o solo mais próximo do ponto zero da escala de medida (Guedes et al., 2006). Foi utilizada uma fita métrica com aproximadamente três metros de comprimento e um esquadro de madeira para realizar a leitura do teste. Os procedimentos seguiram as padronizações descritas por Soares e Sessa (2001).

### **2.6.4. Medida da atividade física no adulto (fase 3)**

A atividade física dos participantes foi avaliada por acelerometria. O acelerômetro ActiGraph (ActiGraph, Pensacola, FL) modelo GT3X foi inicializado com epoch de um segundo e colocado junto da crista íliaca direita. Os participantes foram orientados a utilizar o equipamento durante sete dias consecutivos, retirando-o apenas durante o sono, banho e atividades aquáticas. A configuração dos equipamentos para o início das medidas e o download dos dados armazenados foram realizados mediante a utilização do software ActiLife versão 6.6.2. Os dados armazenados pelo aparelho foram extraídos por meio de um software específico e a quantidade counts por minuto (cpm) foi computada para o estabelecimento de medidas da intensidade das atividades habituais. Os dados foram considerados válidos quando os sujeitos utilizarem pelo menos 480 minutos por dia e pelo menos 4

dias completos de dados, sendo pelo menos um dia válido do final de semana e, foi considerado tempo de não uso 60 minutos de zeros consecutivos. Foi utilizado os pontos de cortes de Freedson et al., 1997, como segue na tabela 2.1:

**Quadro 2.1** – Pontos de cortes, em counts, para as intensidades da atividade física.

Atividade	Counts
Atividade sedentária	0 – 99
Atividade leve	100 – 759
Atividade moderada	760 – 1951
Atividade vigorosa	1952 – 5724
Atividade muito vigorosa	≥ 5725

Fonte: Freedson et al., 1997.

## 2.7. VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES

**Quadro 2.2** – Variáveis dependentes e independentes do estudo.

Dependentes	Independentes
1. Aptidão muscular (SPM, IH e ABDO)	1. Massa corporal 2. Estatura 3. Massa magra 4. Atividade física 5. Idade cronológica 6. Maturação somática

Nota: SPM = Soma da prensão manual; IH = Impulsão horizontal; ABDO = Abdominal

## 2.8. CONTROLE DA QUALIDADE DOS DADOS

Com a finalidade da determinação dos índices de reprodutibilidade dos avaliadores responsáveis pela coleta dos dados (erro intra-avaliador), uma parte da amostra foi submetida a repetir as medidas das variáveis de estudo. O intervalo entre a primeira e a segunda administração das medidas foi, no mínimo, de um dia e, no máximo, de sete dias. Para a análise do índice de reprodutibilidade foram utilizados três procedimentos estatísticos: a) para determinar a extensão do erro intra-avaliador

utilizou-se do recurso do erro técnico de medida (ETM), em termos absolutos e relativos. O erro técnico de medida absoluto (ETMa) foi calculado pela raiz quadrada da soma das diferenças entre as duas aplicações, ao quadrado, dividida por duas vezes o número de pares (Malina; Hamill; Lemeshow, 1973). Por outro lado, o erro técnico de medida relativo (ETMr) foi estabelecido de acordo com Pederson e Gore (2005), mediante a divisão do ETMa pelo valor médio da variável multiplicado por cem (100); b) na tentativa de observar a consistência das medidas (estabilidade) recorreu-se ao cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (CCI), a partir dos resultados da análise de variância de medidas repetidas; c) finalmente para verificar a existência dos limites de concordância entre as séries de medidas nas variáveis analisadas foram empregados os procedimentos propostos por Bland e Altman (1986).

Podem ser observados erros técnicos de medidas (ETM) aceitáveis e alta reprodutibilidade das medidas na tabela 2.3.

**Tabela 2.3** – Erro técnico de medida intra-avaliador entre duas séries de medidas repetidas de variáveis antropométricas e motoras.

	Infância/adolescência (n = 83)		Adultos (n = 20)		CCI	P
	ETMa	ETMr	ETMa	ETMr		
					0,99	<0,001
Massa corporal (kg)	0,33	0,65	0,72	0,94	0,99	<0,001
Estatuta (cm)	0,48	0,30	0,19	0,11	0,99	<0,001
ABDO (rep)	2,5	7,9	4,00	8,09	0,90	<0,001
IH (cm)	1,4	5,0	4,80	2,42	0,98	<0,001
SPM (kgf)			2,14	4,91	0,98	<0,001

Nota: ETMa = erro técnico de medida absoluto; ETMr = erro técnico de medida relativo; ABDO = abdominal; IH = impulsão horizontal; SPM = soma da preensão manual; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; IC 95% = intervalo de confiança a 95%.

O impacto das desistências (dropout) na seleção da amostra foi verificado comparando as variáveis abordadas neste estudo no momento da fase II entre os grupos que aceitaram e não aceitaram participar do momento fase III (Follow-up) (Tabela 2.4). A análise de dropout confirma que a amostra do estudo mantém as mesmas características ao longo do tempo apesar das desistências.

**Tabela 2.4** – Comparação entre os indivíduos que participaram da fase III (2024) e dos que não participaram.

Variáveis	Participaram do Follow-up (n = 68)	Não participaram do Follow-up (n = 82)	<i>P</i>
Idade (anos)	22,34 ± 1,74	22,24 ± 1,69	0,73
Massa corporal (kg)	68,88 ± 14,00	69,84 ± 14,55	0,68
Estatura (cm)	171,38 ± 9,45	170,85 ± 8,72	0,72
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,27 ± 3,18	23,77 ± 3,74	0,39
SPM (kgf)	74,90 ± 27,83	76,54 ± 25,59	0,70
IH (cm)	181,81 ± 35,55	177,80 ± 32,75	0,48
Abdominal (rep)	22,34 ± 1,74	22,24 ± 1,69	0,34

Notas: IMC = índice de massa corporal; SPM = soma da prensão manual; IH = impulsão horizontal; rep = repetições. Nível de significância adotado em  $P < 0,05$ .

## 2.9. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram processados no Stata/IC v. 15.1., e no SPSS v. 29.0. A amostra foi caracterizada com valores de média e desvio padrão, considerando os momentos de avaliação, o período da infância e adolescência (2002 a 2005), o primeiro momento da idade adulta (2016) e o segundo momento referente à idade adulta (2024).

Para a caracterização da amostra quanto às variáveis antropométricas, composição corporal, e aptidão muscular foi realizada utilizando-se o teste t para variáveis independentes. A análise de covariância (ANCOVA) foi utilizada para o controle do sexo, e para atender aos pressupostos teóricos da análise de trajetória (dados não homogêneos). Para identificar cada participante em um grupo de trajetória desenvolvimental dos indicadores da aptidão muscular e para a construção dos gráficos de trajetórias, foi utilizada a análise de trajetória baseada em grupos (Jones; Nagin, 2012) com o pacote estatístico STATATRAJ (STATACORP LP). A quantidade adequada de grupos de trajetórias desenvolvimentais foi determinada com base no menor valor de Critério de Informação Bayesiano (BIC), conforme orientações sugeridas por Nylund, Asparouhov e Muthén (2007).

Inicialmente, em todos os grupos foi utilizado o modelo quadrático, e após a

identificação da quantidade de grupos, a função polinomial (constante, linear ou quadrática) foi determinada quando atendendo significância de  $p < 0,05$ . Para a comparação entre as curvas de trajetórias e entre os momentos em relação ao tempo foi utilizado a Equação de Estimativa Generalizada (GEE). A análise da correlação de *Person* foi utilizada para identificar os possíveis fatores de associação entre os indicadores de aptidão muscular e as variáveis antropométricas e de composição corporal ao longo do tempo. Posteriormente, para testar a magnitude de explicação das variáveis foi empregado a análise de regressão linear múltipla.

## CAPÍTULO 3 – ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

### RESUMO

#### DESENVOLVIMENTO DA APTIDÃO MUSCULAR NA INFÂNCIA E NA ADOLESCÊNCIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.

**Objetivo:** Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o desenvolvimento longitudinal da aptidão muscular durante a infância e adolescência. **Métodos:** Foram identificados estudos publicados até janeiro de 2024 nas bases de dados PUBMED, SCOPUS, SPORTDiscus, Web of Science, LILACS e SciELO. A busca resultou em 1015 artigos, dos quais 6 estudos longitudinais foram incluídos após a aplicação de critérios de inclusão e exclusão. **Resultados:** Os estudos selecionados foram conduzidos entre 2002 e 2022, com períodos de acompanhamento variando de 3 a 11 anos. Quatro estudos envolveram ambos os sexos, enquanto dois focaram exclusivamente em rapazes. Todos os estudos iniciaram na infância e/ou adolescência. A investigação foi realizada na Bélgica, Estados Unidos, Reino Unido e Noruega. Os estudos utilizaram dinamômetro isocinético para avaliar a aptidão muscular, embora diferentes equipamentos tenham sido empregados. Dos seis estudos incluídos, quatro (66%) analisaram a extensão e flexão do joelho, enquanto as articulações do quadril e cotovelo foram avaliadas em 17% dos estudos cada. A maioria das avaliações foi realizada em ambos os lados do corpo, com velocidades angulares variando de 30°/s a 300°/s e repetições de 3 a 30 por série. Os estudos controlaram as variáveis de massa corporal, idade cronológica e estatura. Observou-se que a aptidão muscular aumentou com o avanço da idade, da infância até um platô na idade adulta jovem. **Conclusão:** O desenvolvimento da aptidão muscular pode ser explicado pelas variáveis de massa corporal, estatura e idade cronológica. A aptidão muscular apresentou comportamentos distintos entre os sexos em determinados momentos, sugerindo diferenças sexuais. Indicativos sugerem que o desenvolvimento da aptidão segue uma trajetória parabólica ao longo do tempo, embora os períodos de acúmulo, platô e declínio ainda não estejam claramente definidos.

**Palavras-chave:** aptidão muscular; infância; adolescência; crescimento; trajetórias desenvolvimentais; preditores.

### 3.1. INTRODUÇÃO

A dinapenia caracteriza-se pela perda da força muscular que pode aumentar os riscos de disfunções físicas com o passar da idade (Clark et al., 2008), além disso, pode se manifestar como uma forma de envelhecimento muscular acelerado, ou “um estágio pré-sarcopênico” (Andreo-López et al., 2023). Na população pediátrica a dinapenia pode limitar a realização de movimentos fundamentais com eficiência e evitar o envolvimento em atividades físicas e esportivas (Behm et al., 2017; Faigenbaum et al., 2017; Tvetter et al., 2010).

Com isso, a mensuração da aptidão muscular na população pediátrica é importante, uma vez que as variações destas capacidades são notadas desde o início da infância, e o pico da aptidão muscular atingido durante a infância e adolescência parece influenciar na aptidão muscular na idade adulta (Barbosa et al., 2023). A detecção precoce e o monitoramento dos indicadores da aptidão muscular insuficiente em crianças podem levar a intervenções precoces e apropriadas para diminuir a carga dessas condições na vida longa (Sayer et al., 2008).

Desde a infância até a adolescência a relação entre a aptidão muscular e a massa corporal está razoavelmente documentada (Malina et al., 2004; Duarte et al., 2018; Holm et al., 2005; Peek et al., 2022), assim como a relação entre a aptidão muscular e a estatura (Duarte et al., 2018; Wood et al., 2008).

Contudo, durante as primeiras décadas da idade adulta, a aptidão muscular parece permanecer substancialmente inalterada, seguida de um declínio constante a partir da meia idade (Landi et al., 2017; Marzetti et al., 2018). Declínios na aptidão muscular e na capacidade física relacionados à idade tem sido associado a quedas, incapacidade, morbidade e morte (Walston et al., 2012).

Estudos de revisão sistemática sobre a força muscular podem, portanto, contribuir para a avaliação do estado de saúde de populações e servir de referência para futuros estudos que investiguem mudanças seculares na aptidão física relacionada à saúde. Diante disto, o objetivo principal deste estudo consistiu em revisar longitudinalmente o desenvolvimento da aptidão muscular na infância e na adolescência, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Estratégia de busca

Este estudo foi realizado em acordo com as recomendações de relatórios de análises sistemáticas e metanálises (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – PRISMA (Liberati et al., 2009)), no qual, revisou sistematicamente a literatura em busca de identificar investigações que objetivaram o desenvolvimento da aptidão muscular entre a fase da infância e a adolescência. O protocolo foi registrado no *Internacional Prospective Register of Systematics Reviews* (PROSPERO) sob o número CRD420250632676.

Foram realizadas buscas nas seguintes bases de dados: PubMed, SCOPUS, SPORTDiscus, Web of Science, LILACS e SciELO. A busca compreendeu todo o período de existência das bases até janeiro de 2024, e o único filtro utilizado para selecionar os estudos foi o idioma: inglês e português.

A pergunta de pesquisa utilizou o acrônimo PICOS como estratégia didática de busca, como descrito no quadro 1:

#### Quadro 3.1 – Definição do acrônimo “PICOS”.

Acrônimos	Definição
P	Participantes, população
I	Intervenção
C	Comparação
O	Outcomes/Desfecho ou resultado esperado
S	Tipos de estudos

Fonte: De Luca Canto, 2020.

E compreendeu as seguintes palavras-chave e operadores booleanos: (child OR children OR childhood OR students OR student OR scholars OR scholar OR adolescent OR adolescents OR adolescence OR teen OR teens OR teenager OR teenagers OR youth OR youths OR adult OR adults OR “young adult” OR “young adults” OR “young adulthood” OR adulthood) AND (“physical activity” OR “physical activities” OR exercises OR “physical exercise” OR “motor activity” OR strength OR

“muscle strength” OR “strength muscle” OR “muscular strength” OR “physical capacity” OR “physical fitness” OR fitness OR “muscular fitness” OR “muscle endurance” OR “muscle power” OR “explosive strength” OR “muscle fitness” OR “musculoskeletal fitness” OR “motor fitness” OR “neuromotor fitness” OR “motor performance”) AND (“isokinetic dynamometry” OR isokinetic OR “motor tests” OR “horizontal jump”) AND (“combined associations” OR “joint association” OR “concurrent associations” OR “combined influence” OR “combined effect” OR interaction OR trajectory OR trajectories OR longitudinal).

No caso específico das bases de dados latino-americanas LILACS E SciELO, adotou-se as palavras-chaves traduzidas para o português.

### **3.2.2. Critérios de elegibilidade**

Para os critérios de elegibilidade dos estudos foram adotados os seguintes critérios:

- os artigos deveriam ser contemplados pela busca utilizando as palavras-chave nas bases de dados propostas;
- as amostras deveriam estar contidas entre as faixas etárias da infância e da adolescência (OMS);
- não ser estudo de revisão ou revisão sistemática;
- apresentarem características de estudos do tipo longitudinal;
- não envolver sujeitos com patologias ou modelos animais.

Adicionalmente, foi utilizada uma adaptação da lista de verificação Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE - Von Elm et al., 2007), que é um instrumento comumente utilizado para orientar o relato de estudos observacionais, para a avaliação da qualidade dos artigos incluídos no trabalho. Os itens selecionados e adaptados para a presente revisão sistemática estão apresentados no Quadro 3.2. A adaptação da listagem de verificação STROBE para classificação da qualidade dos estudos que foram incluídos na presente revisão sistemática possui 15 itens de análise, com cada um deles contabilizando um ponto ou meio ponto quando subdividido. Então, se o artigo atender todos os itens, soma o

total de 15 pontos. Os pontos de corte estabelecidos para classificação de qualidade foram os seguintes:

- zero a cinco pontos = baixa qualidade;
- entre seis e 10 pontos = moderada qualidade;
- 11 a 15 pontos = alta qualidade.

Foram incluídos na análise final os estudos que atingiram alta qualidade, de acordo com os critérios supracitados.

**Quadro 3.2** – Adaptação da listagem de verificação STROBE para classificação da qualidade dos estudos observacionais da presente revisão sistemática.

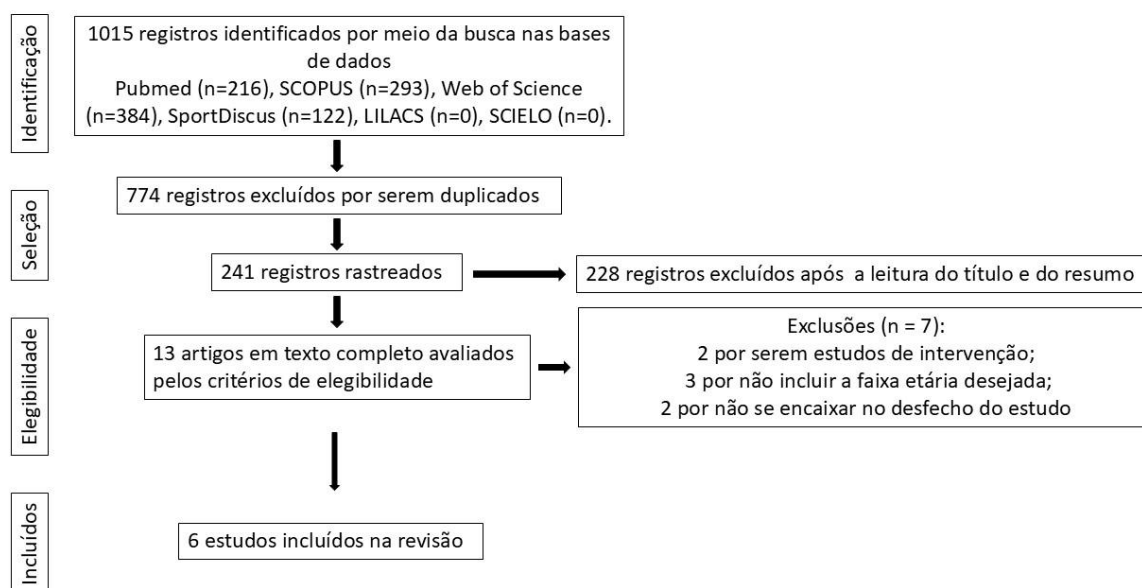
TÓPICO	ITEM Nº	RECOMENDAÇÃO
Título e Resumo	1	(a) Incluiu no título e/ou resumo pelo menos uma das palavras-chave utilizadas na busca (b) Disponibilizou no resumo uma sinopse informativa e equilibrada do que foi realizado e encontrado.
Introdução Contexto/fundamentos	2	Explicou as razões e os fundamentos científicos para a realização da investigação
Objetivos	3	Indicou os objetivos gerais e específicos de maneira clara, incluindo quaisquer hipóteses pré-estabelecidas
Métodos Delineamento estudo	4	Apresentou no princípio do documento os elementos chave do delineamento do estudo
Contexto	5	Descreveu o contexto, os lugares e as datas relevantes, incluindo os períodos de recrutamento, exposição, acompanhamento e coleta de dados
Participantes	6	Apresentou os critérios de elegibilidade, assim como as fontes e os métodos de seleção dos participantes. Especificou os métodos de

		acompanhamento quando aplicável (estudos de coorte)
Variáveis	7	Definiu claramente todas as variáveis: de resposta, exposições, preditivas, de confusão e modificadoras do efeito. Se aplicável, apresentou os critérios de diagnóstico
Fonte de dados/ medidas	8	Especificou e detalhou os métodos e instrumentos de medida das principais variáveis de interesse (avaliação da atividade física, do comportamento sedentário e dos fatores de risco cardiometabólicos)
Tamanho amostral	9	Explicou como se determinou o tamanho amostral
Métodos estatísticos	10	(a) Explicou como se trataram as variáveis quantitativas na análise. Se aplicável, explicou a definição dos grupos de análise (b) Constatou ao menos um teste estatístico para verificação da associação entre a atividade física e comportamento sedentário com os fatores de risco
Resultados Resultados principais	11  12	(b) Apresentou pelo menos uma informação numérica (teste estatístico) relacionada à análise da associação entre a atividade física e o comportamento sedentário e os fatores de risco cardiometabólicos.  (c) Se categorizou variáveis contínuas, descreveu os pontos de corte. Disponibilizou estimativas não ajustadas e, se aplicável, ajustadas por fatores de confusão (especificar), assim como a sua precisão (por ex. intervalos de confiança de 95%).
Discussão Resultados chave	13	Resumiu os resultados principais do estudo.

Limitações	14	Discutiu as limitações do estudo, tendo em conta possíveis fontes de viés ou imprecisão.
Interpretação/ Generalização	15	(a) Apresentou uma interpretação global prudente dos resultados considerando os objetivos, as limitações, a multiplicidade de análises e os resultados de estudos similares. (b) Discutiu a possibilidade de generalizar os resultados (validade externa).

### 3.2.3. Gestão de dados e processo de seleção

**Figura 3.1** – Demonstra o processo de seleção e exclusão dos estudos.



Os estudos foram localizados nas bases de dados consultadas, e importadas para o Rayyan ([www.rayyan.ai](http://www.rayyan.ai)). Inicialmente foram excluídos os estudos duplicados, posteriormente os estudos foram excluídos a partir da análise dos títulos, dos resumos ou na sua totalidade, quanto aos critérios de elegibilidade. A avaliação da qualidade dos estudos apontou que todos foram considerados como sendo de “alta qualidade” (Tabela 2). O processo de seleção e avaliação dos artigos foi realizado por dois revisores independentes (RRG e GMA), sendo procurado um terceiro revisor (ERVVR) em caso de divergências.



### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1. Síntese dos resultados

**Tabela 3.4** – Resumo dos estudos que analisaram a aptidão muscular da infância/adolescência.

Autor/Ano/País/Revista	Amostra	Avaliação da força	Tipo de estudo	Principais Resultados	Conclusões
Brent et al (2013) Estados Unidos	n = 351 participantes (272 do sexo feminino (idade 14,0±2,2 anos) e 79 do sexo masculino (idade 13,65±1,6 anos))	Dinamômetro isocinético	Observacional longitudinal (3 anos)	O torque de abdução do quadril aumentou em homens e mulheres com a idade, tanto no lado dominante quanto no não dominante. Uma interação significativa entre sexo e idade foi observada, o que indicou que os homens experimentaram maiores aumentos no pico de torque em relação ao peso corporal do que as mulheres à medida que amadureceram.	Os rapazes aumentaram significativamente a força normativa de abdução do quadril, enquanto as moças não.
De Ste Croix et al (2002) Reino Unido	n = 41 (20 rapazes (idade 10,1±0,3 anos) e 21 moças (idade 9,9±0,2 anos))	Dinamômetro isocinético	Longitudinal (4 anos)	Estatura e massa foram preditores significativos da força isocinética. A idade e a maturidade não foram variáveis explicativas significativas após o controle do tamanho corporal.	Não houve diferenças significativas entre os sexos na força isocinética entre as idades de 10 e 14 anos, e o desenvolvimento da força pode ser explicado

---

					<p>pele aumento da estatura e massa corporal. A área de secção transversal do músculo da coxa não foi uma variável explicativa uma vez que o tamanho corporal foi controlado.</p>
Duarte et al (2018)	n = 67 rapazes (idade 11,0 a 13,9)	Dinamômetro isocinético	Longitudinal misto (5 anos)	<p>A força isocinética dos músculos do joelho pode ser prevista pela idade cronológica, estatura e massa livre de gordura. A idade cronológica foi responsável por incrementos anuais significativos na força de extensão e flexão do joelho.</p>	<p>O estudo concluiu que a idade cronológica, estatura e massa livre de gordura são preditores significativos do desenvolvimento da força isocinética em jovens jogadores de futebol, destacando a importância do treinamento sistemático e do</p>

---

					crescimento físico nesse processo.
Holm et al (2005)  Noruega	n = 12 rapazes (idade 9,8 (9,3 – 10,30) anos.	Dinamômetro isocinético	Longitudinal (11 anos)	Quando os valores de desempenho muscular foram normalizados pelo peso corporal, diferenças significativas ocorreram apenas entre o terceiro e quarto teste e entre o quarto e quinto teste, indicando que o peso corporal é um fator normalizador importante para explicar o aumento da força muscular. O estudo indica que um aumento significativo na força muscular ocorre durante a puberdade, ou seja, da idade óssea de 12 até 17 anos.	Houve um aumento significativo na força muscular isocinética em meninos saudáveis durante a puberdade, ou seja, de 12 até 17 anos. O estudo também descobriu que a idade óssea influencia até certo ponto o desenvolvimento da força muscular isocinética, mas o peso corporal é o fator normalizador que melhor explica o aumento da força.
Peek et al (2022)	N = 257 (49 rapazes e 209	Dinamômetro isocinético	Estudo longitudinal	Foram identificadas interações significativas que indicaram diferentes trajetórias maturacionais	Os achados deste estudo sugerem um



---

gênero no torque isocinético ECC de extensão  
do cotovelo não foram significativas.

---

### 3.3.2. Características dos estudos

Todos os estudos caracterizaram-se por serem do tipo longitudinal, realizados entre 2002 e 2022, com acompanhamentos de 3 a 11 anos.

Quanto às características dos estudos, quatro envolveram ambos os sexos e dois estudos envolveram apenas rapazes. Todos os estudos (Brent et al., 2013; De Ste Croix et al., 2002; Duarte et al., 2018; Holm et al., 2005; Peek et al., 2022; Wood et al., 2007) tiveram o *baseline* na fase da infância e adolescência. Um estudo foi conduzido na Bélgica, dois nos Estados Unidos, dois no Reino Unido e um na Noruega.

### 3.3.3. Métodos para obter as variáveis de aptidão muscular

Todos os estudos foram realizados com o dinamômetro isocinético para obter as informações referente a aptidão muscular, embora diferentes equipamentos tenham sido utilizados (Biodex, Akron, Cybex). Dos seis estudos incluídos nesta revisão o dinamômetro isocinético foi utilizado para avaliar a aptidão muscular, quatro (66%) estudos realizaram a análise da extensão e flexão do joelho, além disso, foram avaliadas as articulações do quadril (17%), e cotovelo (17%). Em grande parte dos estudos, as avaliações foram realizadas em ambos os lados do corpo, a velocidade angular utilizada nos estudos foi de 30°/s a 300°/s e as repetições variaram de 3 a 30 por séries.

### 3.3.4. Aptidão muscular

Brent et al. (2013) relata no seu estudo que as mulheres criam picos de torques de abdução de quadril mais baixos em relação a sua massa corporal quando comparadas aos homens, esse resultado mantém-se com o avanço da idade.

De Ste Croix et al. (2002) aponta que o aumento da força isométrica do quadríceps em adolescentes pode ser parcialmente explicado pelo aumento da estatura e da massa corporal, independentemente. Duarte et al. (2018) revelou melhorias na força isocinética associada à idade cronológica em adolescentes, assim como, a estatura e a massa livre de gordura contribuíram significativamente para os ganhos anuais na força isocinética de extensão e flexão ao longa da adolescência.

Os resultados sugerem que 1 kg de MLG estimada, representou um ganho anual de 1,6 Nm na força isocinética de flexão e 1,4 Nm na força isocinética de extensão. Holm et al. (2005) apresenta aumento geral na força isocinética durante o período de estudo, tanto para os valores absolutos quanto para os normalizados em adolescentes de 12 a 17 anos.

Peek et al. (2022) relata aumento na força muscular extensora e flexora do joelho em meninos adolescentes, já as meninas tiveram um menor aumento da força muscular extensora, seguido de uma diminuição da flexora. Wood et al. (2008) confirmou a hipótese de que torques isocinéticos excêntricos são maiores do que os concêntricos para a flexão de cotovelo, contudo não se aplicou a extensão de cotovelo. Em crianças, a força antagonista foi superior a agonista, não havendo diferenças significativas de idade e sexo nas relações de força.

A literatura necessita ainda de mais estudos, preferencialmente de características longitudinais, e estudos de trajetórias relacionando a força muscular com essas variáveis, para que se possa alcançar melhores explicações no desenvolvimento da força muscular. Com base no exposto, sugere-se: estudos futuros com grande tamanho amostral; acompanhamento de ambos os sexos; características longitudinais; estudos de trajetórias (repetidas medições); com início em idades precoces, na infância, com acompanhamento até a fase adulta; além da medição da força em vários seguimentos corporais.

### **3.4. DISCUSSÃO**

Nesta revisão encontramos estudos que controlaram suas análises por variáveis diversas, tais como: idade cronológica, idade óssea, maturação, massa corporal, estatura, IMC e somatório de dobras cutâneas, pois essas variáveis podem influenciar no desenvolvimento da aptidão muscular. Na maioria dos estudos a variável controladora escolhida foi a massa corporal (Brent et al., 2013; De Ste Croix et al., 2002; Holm et al., 2005), seguida pela idade cronológica (Duarte et al., 2018; Wood et al., 2007; Peek et al., 2022) e por fim, pela estatura (De Ste Croix et al., 2002; Duarte et al., 2018).

Em relação ao controle por idade, a maioria tinha a idade cronológica homogênea (Brent et al., 2013; De Ste Croix et al., 2002; Wood et al., 2007), um estudo, além da idade cronológica usou a idade óssea (Holm et al., 2005) e um estudo

utilizou o nível maturacional (Peek et al., 2022). A aptidão muscular aumenta com o avanço da idade (cronológica, óssea e maturacional) da infância até atingir o platô na idade adulta, após esse fenômeno o decréscimo da força muscular mantém a associação com a idade. Para De Ste Croix et al., 2002, a idade cronológica não foi fator explicativo para o aumento da força muscular em crianças, em contrapartida, a maturação pode desempenhar um papel significativo no desenvolvimento da aptidão muscular.

Duarte et al. (2018), aponta a idade cronológica como um fator preditor da aptidão muscular em adolescentes. Dois estudos analisaram apenas os rapazes, Duarte et al. (2018), encontrou melhorias na força isocinética associada à idade cronológica, mas o modelo multinível indicou que a estatura e a massa livre de gordura contribuíram para os ganhos anuais, em um estudo longitudinal misto com duração total de 5 anos.

A massa corporal (Brent et al., 2013; De Ste Croix et al., 2002; Duarte et al., 2018; Holm et al., 2005) e a estatura (De Ste Croix et al., 2002; Duarte et al., 2018; Wood et al., 2007) foram amplamente abordadas nessa revisão, o tamanho corporal parece ser a variável que melhor tem explicado a evolução da força muscular em homens e mulheres, principalmente na fase da adolescência. Holm et al. (2005) aponta a massa corporal como o melhor fator normalizador para explicar o aumento da aptidão muscular.

Quatro estudos analisaram ambos os sexos, Brent et al. (2013) encontrou um aumento na força de abdução do quadril nos homens à medida que eles envelhecem, já em mulheres o aumento da força foi em menor magnitude.

De Ste Croix et al. (2002) não encontrou diferença significativa entre os sexos na força isocinética entre as idades de 10 a 14 anos.

Peek et al. (2022) observou aumento na força extensora e flexora do joelho em rapazes, nas moças o aumento da força foi de menor magnitude na extensora e houve diminuição da força na flexora, além disso, sugere que a diferenciação entre os sexos compõe um fator importante na força muscular. Wood et al. (2008) após ajustar a força muscular pelo tamanho do corpo/músculo, as moças apresentaram um torque isocinético excêntrico de flexão do cotovelo relativamente maior em comparação aos rapazes.

O aumento da aptidão muscular pareceu correlacionar-se de modo significativo com a massa magra, a idade e o sexo durante a fase da infância e adolescência.

Estudos transversais demonstraram uma influência positiva da idade cronológica no desenvolvimento da força (Kanehisa et al., 1995; Sunnegårdh et al., 1988), no entanto, pesquisas longitudinais acrescentaram a influência das mudanças no tamanho e na massa corporal (De Ste Croix et al., 2003).

De fato, os desenvolvimentos de estudos longitudinais são mais complexos, dentre os desafios, destaca-se a manutenção do número de indivíduos ao longo dos anos, o que, de certa forma, explica o número reduzido de estudos que abrangem esta temática desde a infância. O efeito *dropout* por exemplo, pode influenciar na generalização dos resultados ou ainda comprometer a validade externa e a significância de algumas relações.

### **3.5. CONCLUSÃO**

Demonstrou-se que o desenvolvimento da aptidão muscular pode ser explicado pelas variáveis: massa corporal, estatura, idade cronológica, massa magra, sexo e maturação. Em alguns momentos a aptidão muscular comportou-se de maneira distinta entre rapazes e moças, apontando diferenciação entre os sexos.

## REFERÊNCIAS

- ANDREO-LÓPEZ, M. C.; ZARCO-MARTÍN, M. T.; CONTRERAS-BOLÍVAR, V.; FERNÁNDEZ-SOTO, M. L. Prevalence of Sarcopenia and Dynapenia and Related Clinical Outcomes in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Nutrients*, v. 15, n. 23, p. 4914, 2023.
- BARBOSA, C. C. L.; DA COSTA, J. C.; ROMANZINI, C. L. P.; BATISTA, M. B.; BLASQUEZ-SHIGAKI, G.; FERNANDES, R. A. et al. Interrelationship between muscle fitness in childhood and bone mineral density in adulthood: mediation analysis of muscle fitness in adulthood. *BMC Public Health*, v. 23, n. 1, p. 648, 2023.
- BEHM, D. G.; YOUNG, J. D.; WHITTEN, J. H.; REID, J. C.; QUIGLEY, P. J.; LOW, J. et al. Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, v. 8, p. 423, 2017.
- BRENT, J. L.; MYER, G. D.; FORD, K. R.; PATERNO, M. V.; HEWETT, T. E. The effect of sex and age on isokinetic hip-abduction torques. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 22, n. 1, p. 41-46, 2013.
- CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v. 63, p. 829–834, 2008.
- DE LUCA CANTO, G.; PORPORATTI, A.; MENDES DE SOUZA, B. D.; MASSIGNAN, C.; FLORES-MIR, C.; CASETT, E. **Revisões sistemáticas da literatura: guia prático**. Curitiba: Brazil Publishing, 2020.
- DE STE CROIX, M.; ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R.; SHARPE, P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Annals of Human Biology*, v. 29, n. 1, p. 50-62, 2002.
- DE STE CROIX, M.; DEIGHAN, M. A.; ARMSTRONG, N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Medicine*, v. 33, p. 727-743, 2003.

DUARTE, J. P.; VALENTE-DOS-SANTOS, J.; COSTA, D.; COELHO-E-SILVA, M. J.; DEPREZ, D.; PHILIPPAERTS, R. et al. Multilevel modelling of longitudinal changes in isokinetic knee extensor and flexor strength in adolescent soccer players. ***Annals of Human Biology***, v. 45, n. 5, p. 453-456, 2018.

FAIGENBAUM, A. D.; BRUNO, L. E. A fundamental approach for treating pediatric dynapenia in kids. ***ACSM's Health & Fitness Journal***, v. 21, n. 4, p. 18-24, 2017.

HOLM, I.; STEEN, H.; OLSAD, M. Isokinetic muscle performance in growing boys from pre-teen to maturity: an eleven-year longitudinal study. ***Isokinetics and Exercise Science***, v. 13, n. 2, p. 153-158, 2005.

KANEHISA, H.; YATA, H.; IKEGAWA, S.; FUKUNAGA, T. A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscles during growth. ***European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology***, v. 72, p. 150-156, 1995.

LANDI, F.; CALVANI, R.; TOSATO, M.; MARTONE, A. M.; FUSCO, D.; SISTO, A. et al. Age-related variations of muscle mass, strength, and physical performance in community-dwellers: results from the Milan EXPO survey. ***Journal of the American Medical Directors Association***, v. 18, p. 88.e17–e24, 2017.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GØTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. ***Annals of Internal Medicine***, v. 151, n. 4, p. W-65, 2009.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. *Growth, Maturation, and Physical Activity*. ***Human Kinetics***, 2004.

MARZETTI, E.; HWANG, A. C.; TOSATO, M.; PENG, L. N.; CALVANI, R.; PICCA, A. et al. Age-related changes of skeletal muscle mass and strength among Italian and Taiwanese older people: results from the Milan EXPO 2015 survey and the I-Lan Longitudinal Aging Study. ***Experimental Gerontology***, v. 102, p. 76–80, 2018.

PEEK, K.; FORD, K. R.; MYER, G. D.; HEWETT, T. E.; PAPPAS, E. Effect of sex and maturation on knee extensor and flexor strength in adolescent athletes. ***The American Journal of Sports Medicine***, v. 50, n. 12, p. 3280-3285, 2022.

SAYER, A. A.; SYDDALL, H.; MARTIN, H.; PATEL, H.; BAYLIS, D.; COOPER, C. The developmental origins of sarcopenia. ***The Journal of Nutrition, Health and Aging***, v. 12, n. 7, p. 427-432, 2008.

SUNNEGÅRDH, J.; BRATTEBY, L. E.; NORDESJÖ, L. O.; NORDGREN, B. Isometric and isokinetic muscle strength, anthropometry and physical activity in 8 and 13 year old Swedish children. ***European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology***, v. 58, p. 291-297, 1988.

TVETER, A. T.; HOLM, I. Influence of thigh muscle strength and balance on hop length in one-legged hopping in children aged 7–12 years. ***Gait & Posture***, v. 32, n. 2, p. 259-262, 2010.

VON ELM, E.; ALTMAN, D. G.; EGGER, M.; POCOCK, S. J.; GÖTZSCHE, P. C.; VANDENBROUCKE, J. P. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. ***The Lancet***, v. 370, n. 9596, p. 1453-1457, 2007.

WALSTON, J. D. Sarcopenia in older adults. ***Current Opinion in Rheumatology***, v. 24, n. 6, p. 623-627, 2012.

WOOD, L. E.; DIXON, S.; GRANT, C.; ARMSTRONG, N. Isokinetic elbow torque development in children. ***International Journal of Sports Medicine***, v. 28, n. 6, p. 466-470, 2007.

## CAPÍTULO 4 – ARTIGO ORIGINAL 1

### RESUMO

#### **TRAJETÓRIAS DA APTIDÃO MUSCULAR NA INFÂNCIA, NA ADOLESCÊNCIA E NA IDADE ADULTA. UM ESTUDO LONGITUDINAL.**

**Objetivo:** Identificar as trajetórias do desenvolvimento da aptidão muscular na infância, adolescência e idade adulta por meio da análise de trajetórias desenvolvimentais. **Métodos:** Este estudo longitudinal teve um acompanhamento de 22 anos, dividido em três fases de coleta de dados: Fase I (2002 a 2005), Fase II (2016) e Fase III (2024). Em cada fase, foram coletadas variáveis antropométricas (massa corporal e estatura), de composição corporal (massa magra) e de aptidão muscular (preensão manual, salto horizontal e resistência/força abdominal). A amostra consistiu em 206 participantes na infância, 166 na adolescência e 68 na idade adulta. As trajetórias desenvolvimentais foram determinadas utilizando análise de trajetória baseada em grupos (STATATRAJ), e a comparação entre grupos de trajetórias e diferenças ao longo do tempo foi realizada através de equações de estimação generalizadas (GEE), com significância estabelecida em  $P < 0,05$ . **Resultados:** Durante a infância, observou-se um aumento contínuo na força/resistência abdominal (de  $26,59 \pm 8,50$  aos sete anos para  $38,71 \pm 9,20$  aos 14 anos), força e potência muscular (de  $117,92 \pm 16,60$  aos sete anos para  $160,59 \pm 36,58$  aos 14 anos) e força muscular medida pela preensão manual (de  $28,61 \pm 5,41$  aos sete anos para  $70,58 \pm 16,51$  aos 14 anos). Na adolescência, esses valores continuaram a crescer progressivamente. Na idade adulta, no entanto, houve um declínio desses valores, com força/resistência abdominal aos 31 anos ( $36,4 \pm 9,19$ ) inferior à média aos 19 anos ( $39,6 \pm 6,73$ ); força e potência muscular aos 31 anos ( $164,10 \pm 34,55$ ) inferior à média aos 19 anos ( $176,44 \pm 31,01$ ); e força muscular pela preensão manual aos 31 anos ( $68,00 \pm 15,14$ ) inferior à média aos 19 anos ( $74,20 \pm 15,32$ ). **Conclusão:** Conclui-se que a aptidão muscular apresenta um aumento gradativo e constante na infância e adolescência, atingindo um platô na primeira metade da segunda década de vida, seguido de um declínio. Modelos estatísticos não-lineares mostraram-se mais adequados para explicar a relação desta variável ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** trajetórias desenvolvimentais; aptidão muscular; crianças; adolescentes; adultos.

#### 4.1. INTRODUÇÃO

A aptidão muscular pode ser denominada como a capacidade de realizar trabalho contra uma resistência e engloba diferentes manifestações da força (dinâmica, isométrica, isocinética, potência e resistência) (Ortega et al., 2008). Pode ser influenciada por fatores biológicos, como as características genéticas, e por fatores ambientais, como a atividade física. Estas diferenças podem refletir em diferenças importantes da qualidade e da quantidade da aptidão muscular, o que pode diferenciar populações e etnias. Neste sentido, entender o comportamento da aptidão muscular em diferentes populações e em diferentes fases da vida parece ser importante (Lopez-Gonzalez et al., 2021; Do Amaral Benfica et al., 2018).

No período do crescimento físico, entre a infância e a adolescência, a aptidão muscular insuficiente pode ocasionar o desuso muscular, disfunções neuromusculares e a inatividade física (Orsso et al., 2019; Faigenbaum et al., 2019; Gomes et al., 2017). Por outro lado, jovens que apresentam níveis adequados de aptidão muscular tendem a engajar-se em atividades físicas vigorosas, podendo otimizar ganhos em outros componentes importantes da aptidão física (Faigenbaum et al., 2020; Zwolski et al., 2017; Smith et al., 2019).

Apesar disso, a adesão às diretrizes de atividade de fortalecimento muscular três vezes por semana (Bull et al., 2020) é baixa em vários países (Bennie et al., 2022). No Brasil, apenas 8,6% dos adultos atendem a estas recomendações, e apresentam menor prevalência de atividade física com o aumento da idade (Oliveira et al., 2023).

Neste sentido, a detecção precoce e o monitoramento dos indicadores da aptidão muscular desde a infância podem levar a intervenções precoces e apropriadas para diminuir a carga dessas condições no indivíduo adulto (Sayer et al., 2008), uma vez que o pico da aptidão muscular atingido durante a infância e a adolescência parece influenciar nestas características na idade adulta (Barbosa et al., 2023; Fraser et al., 2021).

Uma grande parte dos estudos que examinam os efeitos do crescimento e da maturação no desenvolvimento da aptidão muscular são, predominantemente, de natureza transversal (De Ste Croix, 2002), e utilizam-se de técnicas estatísticas lineares, univariadas e/ou multivariadas ao explicar as interrelações entre as variáveis estudadas. Ao passo que, investigações recentes encontraram regressões não

lineares altamente aplicáveis na definição da lógica e da natureza das interrelações, como preditores antropométricos e critérios de aptidão física (Zenic et al., 2013).

A identificação e a análise de trajetórias desenvolvimentais do desempenho da aptidão muscular do período da infância até a idade adulta, pode contribuir na fundamentação deste recurso. As trajetórias desenvolvimentais são modelos que identificam agrupamentos de indivíduos que apresentam uma progressão similar em determinado comportamento no decorrer do tempo. Trata-se de uma estratégia de análise que possibilita verificar o padrão e o efeito cumulativo de um comportamento em uma variável dependente, como foi identificado no estudo de Fraser et al. (2022).

Com isso, o objetivo deste estudo foi de identificar as trajetórias da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta a partir da análise de trajetórias desenvolvimentais.

## **4.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.2.1. Amostra**

O presente estudo faz parte de um banco de dados de uma pesquisa prospectiva intitulada “Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta: um estudo longitudinal”, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, conforme as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, sob o Parecer nº 5.516.440 de 08/07/2022. Trata-se de uma pesquisa observacional com delineamento longitudinal, cuja amostra foi constituída de forma intencional.

Foram selecionados indivíduos de ambos os sexos, com idades entre sete e 14 anos (fase I), para a realização de medições antropométricas, de composição corporal, de aptidão muscular e de maturação somática. Nesta etapa, foram coletadas informações de 519 sujeitos. Para a análise dos dados, foram escolhidos indivíduos que apresentavam pelo menos três momentos de coleta, totalizando 206 sujeitos na infância e 166 sujeitos na adolescência.

Baseando-se nas informações pessoais arquivadas, os sujeitos foram contatados por meios de comunicação, como endereço eletrônico, telefone e redes sociais, sendo convidados a participar da segunda fase do estudo em 2016. Nesta fase, os indivíduos

tinham entre 18 e 25 anos, e 150 participantes da primeira fase aceitaram comparecer e foram avaliados na fase II do estudo.

Na fase III, participaram 68 sujeitos, de ambos os sexos, com idade entre 25 e 32 anos, que foram avaliados em pelo menos um momento na fase I, também avaliados na fase II. Foram coletadas as informações da atividade física habitual por meio de acelerômetro nesta fase.

#### **4.2.2. Critérios de inclusão e exclusão do estudo**

Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram: ter participado e apresentar as medidas das variáveis do estudo em qualquer momento da fase I e da fase II. Os participantes que fizeram uso frequente de algum medicamento, que estavam em tratamento de alguma doença, que possuíam alguma limitação física e que não retornaram com o TCLE devidamente assinado não participaram do estudo.

#### **4.2.3. Coleta de dados e variáveis do estudo**

A coleta de dados ocorreu em dois momentos. No primeiro, os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa, assinaram o TCLE, coletaram dados antropométricos, de composição corporal e de dinamometria manual, e receberam o acelerômetro para quantificar as intensidades da atividade física. Uma semana depois, foram coletados dados da resistência abdominal e do salto horizontal, e o acelerômetro foi recolhido.

Na fase I, a massa corporal foi medida em uma balança digital Filizola (precisão de 0,05kg), e a estatura foi obtida com um estadiômetro de madeira (precisão de 0,1 cm). Nas fases II e III, a massa corporal foi medida com uma balança digital Seca (precisão de 0,1 kg) e a estatura com um estadiômetro portátil Harpenden® (precisão de 0,1 cm), seguindo os procedimentos de Gordon, Chumlea e Roche (1988). A composição corporal foi avaliada por dobras cutâneas com adipômetro Lange (precisão de 1mm) seguindo Harrison et al. (1988). Na fase I, utilizou-se o protocolo de Slaughter et al. (1988) para calcular o percentual de gordura e a massa magra, e nas fases II e III, o protocolo de Guedes et al. (1991).

Os indivíduos foram instruídos a evitar medicamentos, fumar, comer e ingerir bebidas alcoólicas duas horas antes dos testes e a abster-se de exercício físico nas

24 horas anteriores. A força de preensão manual foi medida com dinamômetro ajustável Jamar (precisão de 2 kgf), testando três vezes cada mão alternadamente, conforme Soares e Sessa (2001). Para análise, somou-se a maior preensão dos braços direito e esquerdo. Para o teste abdominal, cada avaliado realizou o máximo de repetições possíveis em 60 segundos, com permissão para descanso entre as repetições, seguindo as padronizações da AAHPERD (1988). A impulsão horizontal foi realizada com a escala de medida entre os pés do avaliado, registrando-se a maior distância em três tentativas, seguindo Soares e Sessa (2001).

#### **4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Os dados foram processados no Stata/IC v. 15.1., e no SPSS v. 29.0. A amostra foi caracterizada com valores de média e desvio padrão, considerando os momentos de avaliação, o período da infância e adolescência (2002 a 2005), o primeiro momento da idade adulta (2016) e o segundo momento referente à idade adulta (2024).

Para a caracterização da amostra quanto às variáveis antropométricas, composição corporal, e aptidão muscular foi realizada utilizando a análise de medidas descritivas e a análise de covariância (ANCOVA) para o controle do sexo e para verifica a variância dos dados. Para identificar cada participante em um grupo de trajetória desenvolvimental dos indicadores da aptidão muscular e para a construção dos gráficos de trajetórias, foi utilizada a análise de trajetória baseada em grupos (Jones; Nagin, 2012) com o pacote estatístico STATATRAJ (STATACORP LP). A quantidade adequada de grupos de trajetórias desenvolvimentais foi determinada com base no menor valor de Critério de Informação Bayesiano (BIC), conforme orientações sugeridas por Nylund, Asparouhov e Muthén (2007).

Inicialmente, em todos os grupos foi utilizado o modelo quadrático, e após a identificação da quantidade de grupos, a função polinomial (constante, linear ou quadrática) foi determinada quando atendendo significância de  $p < 0,05$ . Para a comparação entre as curvas de trajetórias e entre os momentos em relação ao tempo foi utilizado a Equação de Estimativa Generalizada (GEE).

#### 4.4. RESULTADOS

A Tabela 3.5 apresenta a descrição dos participantes, no grupo total, controlado pelo sexo, na infância, na adolescência e na idade adulta.

**Tabela 3.5** – Características descritivas em três fases do desenvolvimento.

Infância (n = 206)			
Variáveis	Média ± DP	F	P
Idade (anos)	8,81 ± 0,39	1,690	0,194
MC (kg)	33,02 ± 7,79	11,204	<0,001
Estatura (cm)	134,17 ± 7,84	7,239	0,007
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,02 ± 2,86	8,737	0,003
SPM (kgf)	34,32 ± 5,95	34,238	<0,001
IH (cm)	128,62 ± 15,54	69,887	<0,001
ABDO (rep)	30,02 ± 6,66	20,272	<0,001
Adolescência (n = 166)			
Idade (anos)	12,28 ± 0,46	0,343	0,559
MC (kg)	48,10 ± 10,90	0,209	0,648
Estatura (cm)	154,61 ± 7,50	0,771	0,380
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	19,91 ± 3,58	0,140	0,708
SPM (kgf)	53,56 ± 10,76	42,380	<0,001
IH (cm)	149,67 ± 21,08	112,358	<0,001
ABDO (rep)	35,67 ± 7,79	58,943	<0,001
Adultos (n = 68)			
Idade (anos)	25,72 ± 1,71	0,406	0,525
MC (kg)	71,40 ± 13,79	64,047	<0,001
Estatura (cm)	171,59 ± 9,47	94,353	<0,001
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,09 ± 3,17	14,704	<0,001
SPM (kgf)	76,73 ± 22,53	245,894	<0,001
IH (cm)	176,06 ± 31,27	207,041	<0,001
ABDO (rep)	41,19 ± 9,11	31,003	<0,001

Nota: MC = massa corporal; SPM = soma da preensão manual; IH = impulsão horizontal; ABDO = abdominal; Rep = repetições; kgf = quilograma-força. Variável de controle: sexo.

A Tabela 3.6 apresenta as características dos grupos de trajetórias para o teste abdominal nas três fases do estudo. A escolha do modelo quadrático e a quantidade das curvas de trajetórias foram realizadas observando os critérios da entropia, frequentemente utilizada como uma métrica para avaliar a qualidade do modelo de trajetória, do BIC (Bayesian Information Criterion) e do AIC (Akaike Information Criterion), que são empregados para comparar diferentes modelos e selecionar aquele que melhor se ajusta aos dados, levando em consideração tanto o ajuste quanto a complexidade do modelo. Estes critérios ajudam a determinar o melhor número de grupos ou classes em um modelo de mistura finita, comparando diferentes especificações de modelo.

**Tabela 3.6** – Características dos grupos de trajetórias para o teste abdominal.

	Infância	Adolescência	Adulto
Escolha do modelo (Quadrático)			
Entropia	0,765	0,762	0,836
BIC	- 2215,53	- 1871,00	- 468,95
AIC	- 2195,56	- 1852,33	- 455,63
Associação ao grupo			
G1 (%)	12,1	32,5	19,3
G2 (%)	62,6	40,1	54,2
G3 (%)	25,3	27,4	26,5

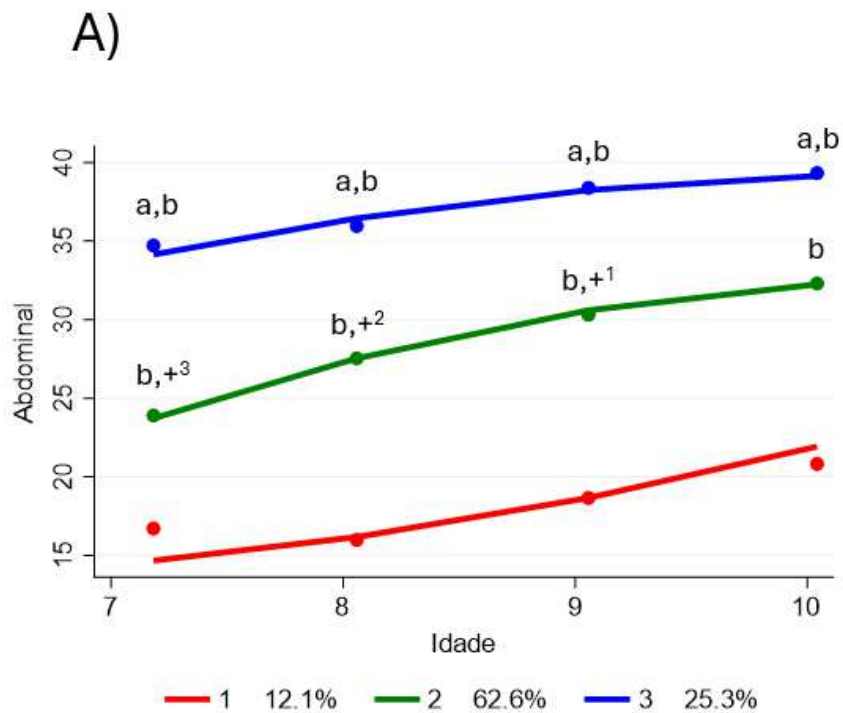
Nota: BIC = Bayesian Information Criterion; AIC = Akaike Information Criterion; G1 = grupo 1; G2 = grupo 2; G3 = grupo 3; \*Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

Na figura 3.2 apresenta as curvas de trajetórias referentes ao teste de força/resistência abdominal nas três fases do estudo.

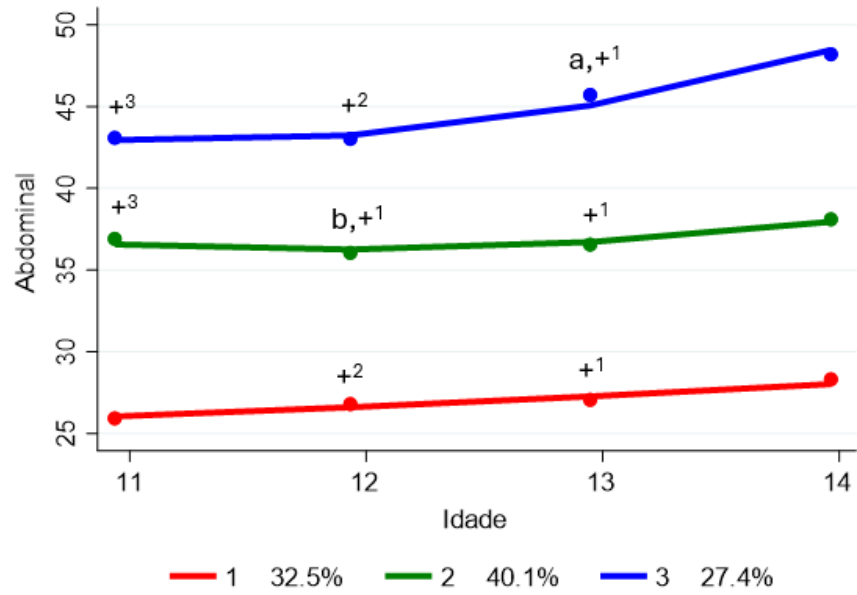
Durante a infância, foi observado um aumento da força/resistência abdominal a partir dos sete anos ( $26,59 \pm 8,50$ ), com um crescimento contínuo até os 10 anos ( $32,48 \pm 7,32$ ). Na adolescência, a média de repetições aos 11 anos ( $35,17 \pm 8,54$ ) continuou a apresentar uma elevação progressiva até atingir os 14 anos ( $38,71 \pm 9,20$ ). No entanto, na idade adulta, verificou-se um decréscimo nesses valores, com a média aos 31 anos ( $36,4 \pm 9,19$ ) sendo inferior quando comparada à média observada aos 19 anos ( $39,6 \pm 6,73$ ).

O pico da força/resistência abdominal ocorreu por volta dos 23 anos ( $47,77 \pm 9,64$ ) no grupo total, assim como para os homens ( $52,6 \pm 8,44$ ), e para as mulheres ( $41,75 \pm 8,09$ ).

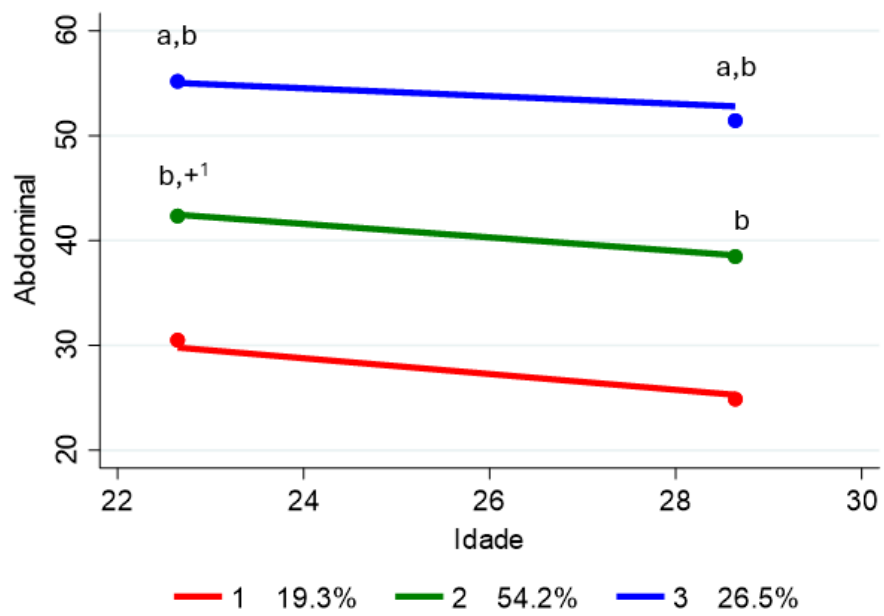
**Figura 3.2** – Trajetória do teste de força/resistência abdominal na infância (A), na adolescência (B) e na idade adulta (C).



B)



C)



Nota: a ≠ grupo 2; b ≠ grupo 1; +1 ≠ tempo 4; +2 ≠ tempo 3 e 4; +3 ≠ tempo 2, 3 e 4.

A Tabela 3.7 apresenta as características dos grupos de trajetórias para o teste de impulsão horizontal. A escolha do modelo (Quadrático) e a quantidade das curvas de trajetórias foram realizadas observando os critérios da entropia, BIC e AIC.

**Tabela 3.7** – Características dos grupos de trajetórias para o teste de impulsão horizontal.

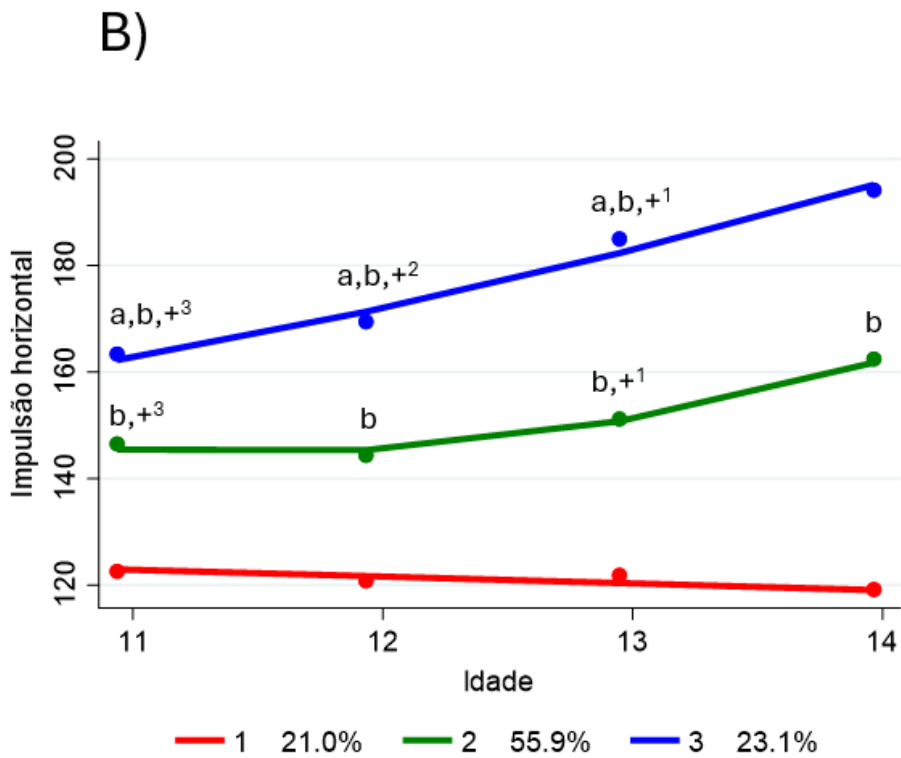
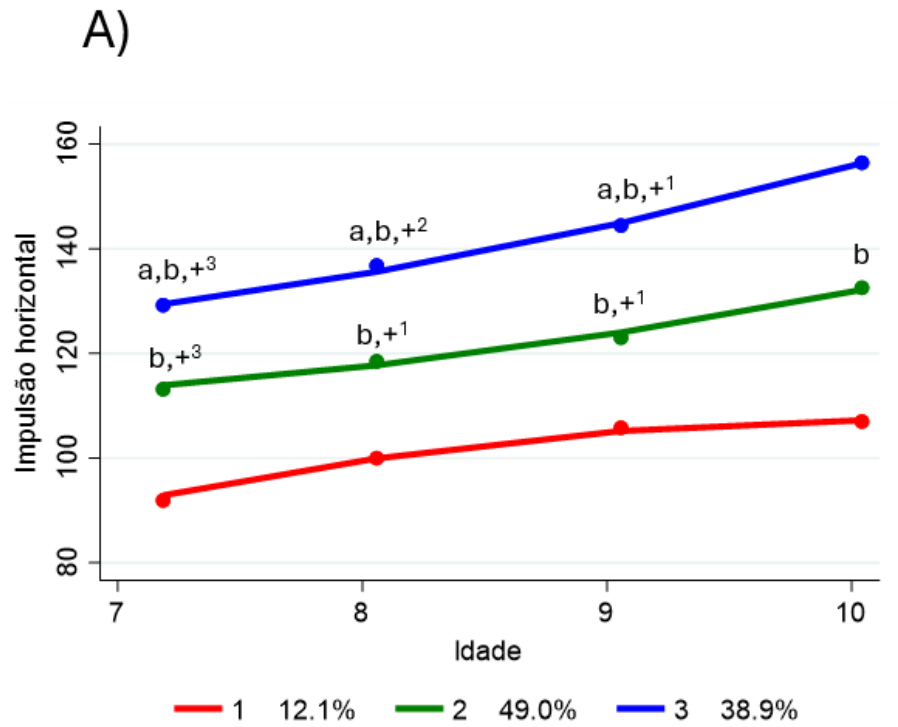
	Infância	Adolescência	Adulto
Escolha do modelo (Quadrático)			
Entropia	0,807	0,827	0,820
BIC	- 2738,57	- 2401,42	- 597,15
AIC	- 2718,61	- 2382,75	- 583,92
Associação ao grupo			
G1 (%)	12,1	21,0	36,9
G2 (%)	49,0	55,9	29,6
G3 (%)	38,9	23,1	33,5

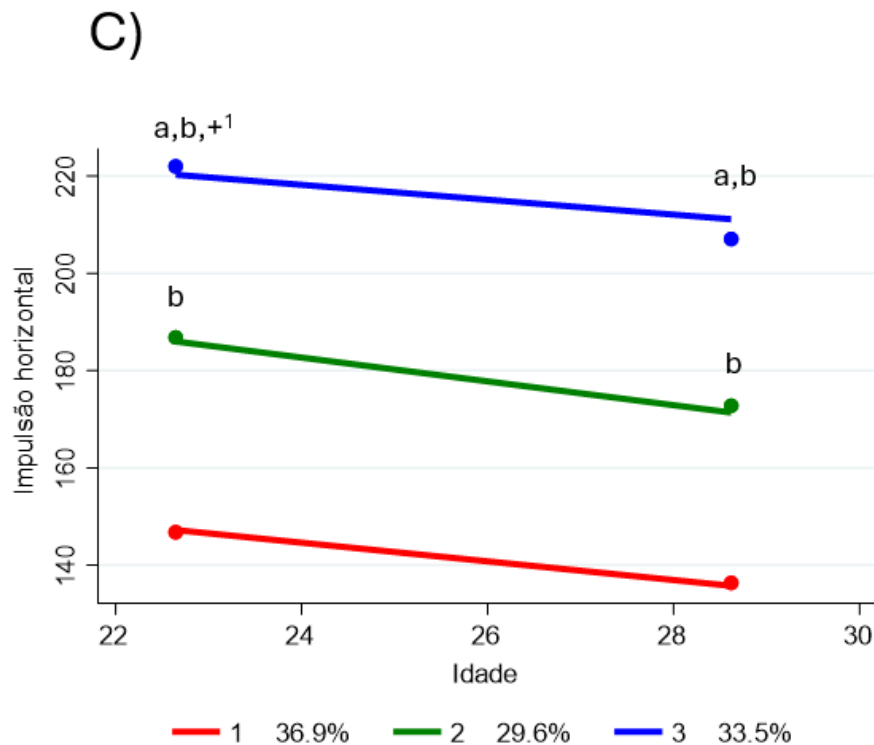
Nota: BIC = Bayesian Information Criterion; AIC = Akaike Information Criterion; G1 = grupo 1; G2 = grupo 2; G3 = grupo 3; \*Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

Na figura 3.3 apresenta as curvas de trajetórias para o teste de impulsão horizontal nas três fases do estudo. Durante a infância, observou-se um aumento significativo na força e potência muscular medida pelo teste de impulsão horizontal a partir dos sete anos de idade ( $117,92 \pm 16,60$ ), com uma tendência de crescimento contínuo até os dez anos ( $139,26 \pm 20,33$ ). No período da adolescência, a média aos 11 anos ( $145,73 \pm 19,45$ ) continuou a apresentar uma elevação progressiva até atingir os 14 anos ( $160,59 \pm 36,58$ ). No entanto, na idade adulta, verificou-se um decréscimo nesses valores, com a média aos 31 anos ( $164,10 \pm 34,55$ ) sendo inferior quando comparada à média observada aos 19 anos ( $176,44 \pm 31,01$ ).

O pico da força/potência muscular ocorreu por volta dos 25 anos ( $196,22 \pm 48,73$ ) no grupo total. Para os homens o pico ocorreu aos 25 anos ( $230,66 \pm 17,24$ ), e para as mulheres ocorreu aos 23 anos ( $174,75 \pm 24,73$ ).

**Figura 3.3** – Trajetória do teste de impulsão horizontal na infância (A), na adolescência (B) e na idade adulta (C).





Nota: a ≠ grupo 2; b ≠ grupo 1; +<sup>1</sup> ≠ tempo 4; +<sup>2</sup> ≠ tempo 3 e 4; +<sup>3</sup> ≠ tempo 2, 3 e 4.

A Tabela 3.8 detalha as características dos grupos de trajetórias referentes ao teste de prensão manual. A seleção do modelo quadrático e a definição do número de curvas de trajetórias foram baseadas nos critérios da entropia, BIC e AIC.

**Tabela 3.8** – Características dos grupos de trajetórias para o teste de prensão manual.

	Infância	Adolescência	Adulto
Escolha do modelo (Quadrático)			
Entropia	0,796	0,855	0,888
BIC	- 2121,63	- 1912,74	- 583,96
AIC	- 2101,67	- 1894,07	- 575,08
Associação ao grupo			
G1 (%)	38,2	50,0	50,1
G2 (%)	56,2	36,5	49,9
G3 (%)	5,5	13,5	-

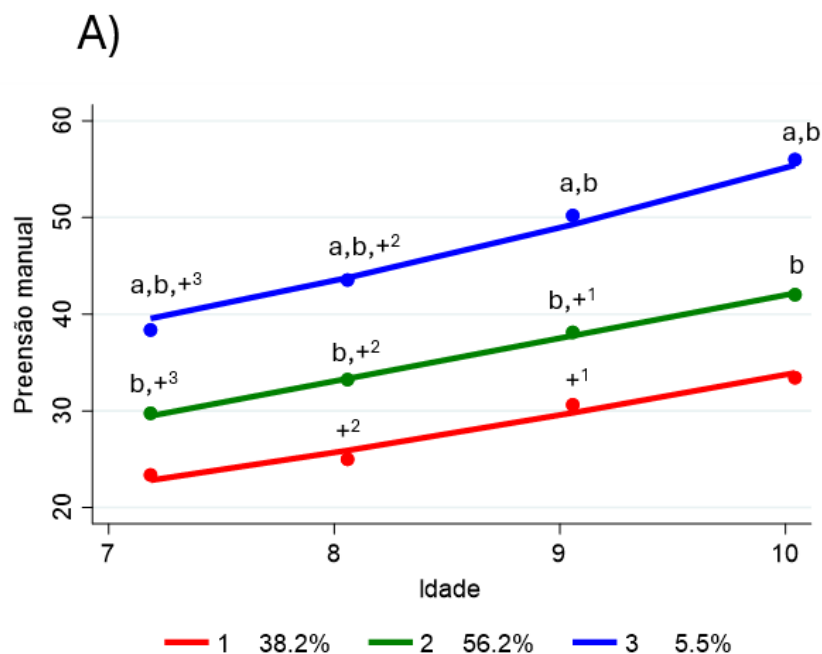
Nota: BIC = Bayesian Information Criterion; AIC = Akaike Information Criterion; G1 = grupo 1; G2 = grupo 2; G3 = grupo 3; \*Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

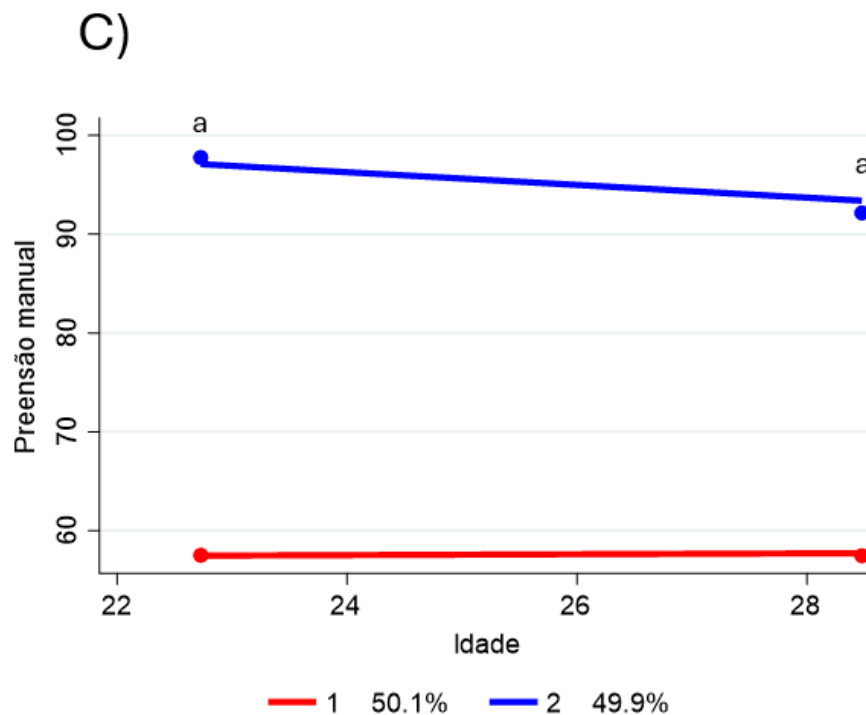
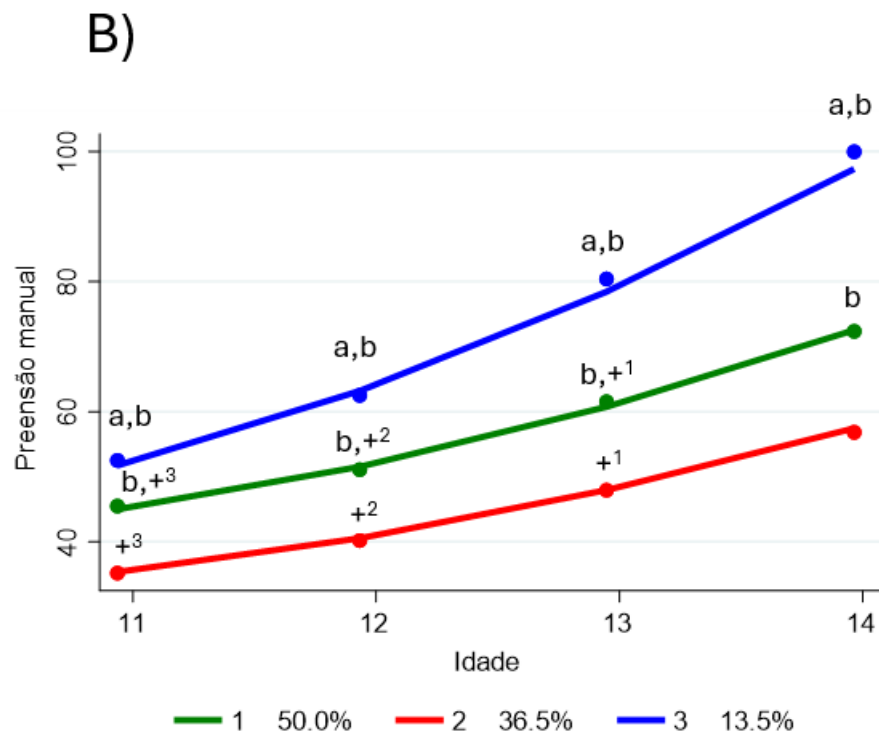
A figura 3.4 ilustra as curvas de trajetórias para o teste de preensão manual nas três fases do estudo.

Durante a infância, observou-se um aumento significativo da força muscular medidos pelo teste de preensão manual, a partir dos sete anos de idade ( $28,61 \pm 5,41$ ), com uma tendência de crescimento contínuo até os 10 anos ( $39,21 \pm 7,50$ ). No período da adolescência, a média aos 11 anos ( $42,88 \pm 7,84$ ) continuou a apresentar uma elevação progressiva até atingir os 14 anos ( $70,58 \pm 16,51$ ). No entanto, na idade adulta, verificou-se um decréscimo nesses valores, com a média aos 31 anos ( $68,00 \pm 15,14$ ) sendo inferior quando comparada à média observada aos 19 anos ( $74,20 \pm 15,32$ ).

O pico da força muscular ocorreu por volta dos 23 anos ( $86,08 \pm 31,51$ ) no grupo total, assim como para os homens ( $106,57 \pm 19,45$ ). Para as mulheres o pico da força muscular foi observado nas idades de 25 anos ( $61,00 \pm 9,89$ ) e 26 anos ( $61,00 \pm 4,24$ ).

**Figura 3.4** – Trajetória do teste de preensão manual na infância (A), na adolescência (B) e na idade adulta (C).





Nota: a ≠ grupo 2; b ≠ grupo 1; +1 ≠ tempo 4; +2 ≠ tempo 3 e 4; +3 ≠ tempo 2, 3 e 4.

A partir dos dados coletados nos testes de preensão manual, impulsão horizontal e abdominal foi calculado o score z, utilizando a fórmula: valor individual menos a

média do grupo, dividido pelo desvio padrão do grupo. Após a obtenção dos scores Z, foi criado um índice de aptidão muscular, calculado pela média dos scores z dos três testes mencionados (score Z (SPM) + score Z (IH) + score Z (ABDO), divididos por 3), podem ser observados na tabela 4.6.

**Tabela 3.9** – Características dos grupos de trajetórias para a aptidão muscular.

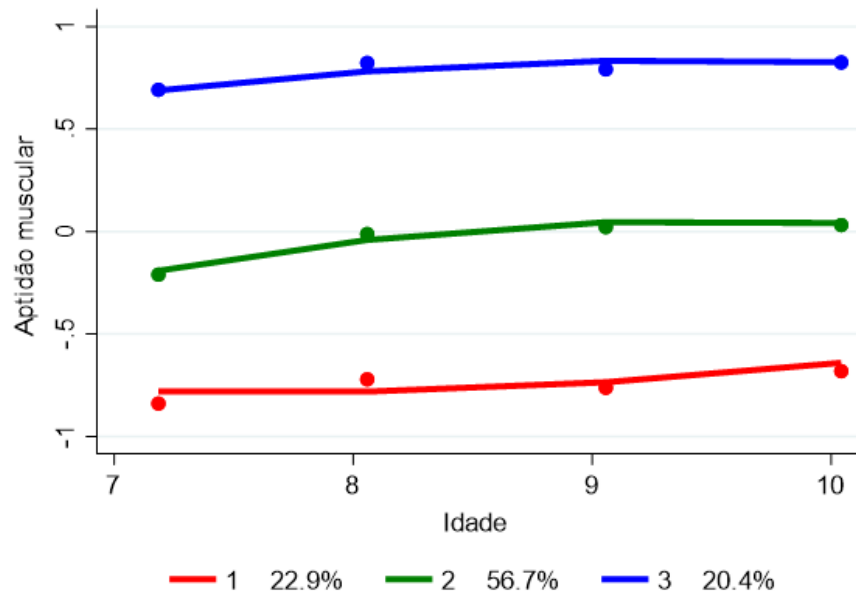
	Infância	Adolescência	Adulto
Escolha do modelo (Quadrático)			
Entropia	0,762	0,812	0,647
BIC	- 589,90	- 453,64	- 148,78
AIC	- 569,93	- 434,96	- 135,55
Associação ao grupo			
G1 (%)	22,9	32,0	31,5
G2 (%)	56,7	49,6	56,4
G3 (%)	20,4	18,4	12,1

Nota: BIC = Bayesian Information Criterion; AIC = Akaike Information Criterion; G1 = grupo 1; G2 = grupo 2; G3 = grupo 3; \*Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

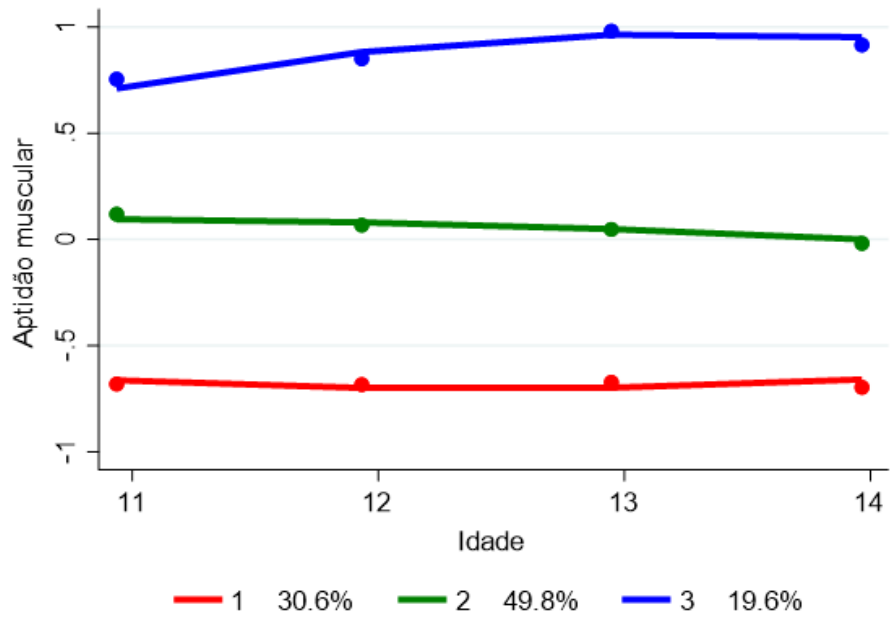
A figura 3.5 ilustra as curvas de trajetórias para o índice de aptidão muscular.

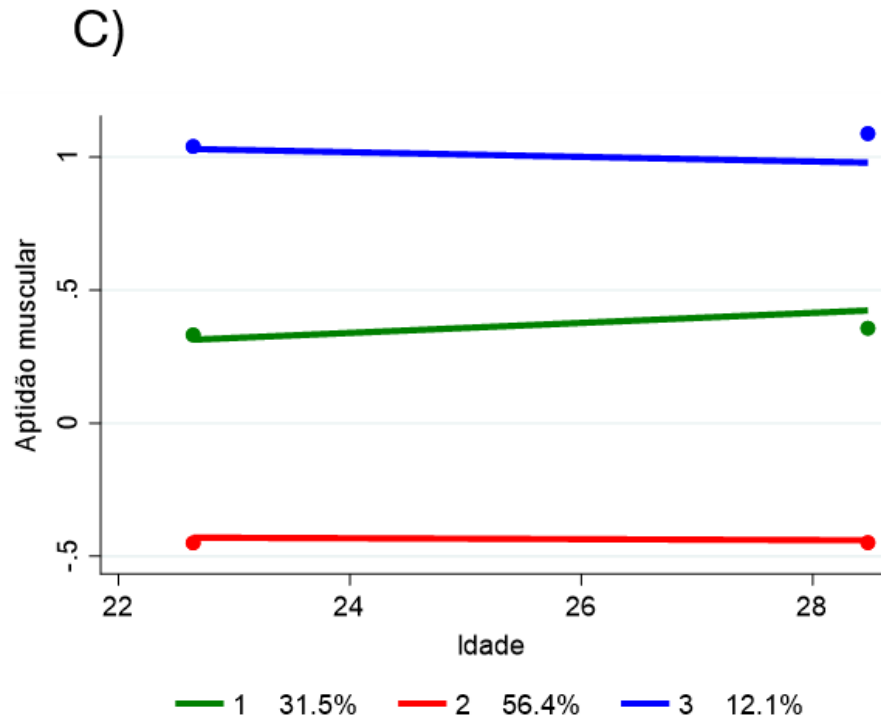
**Figura 3.5** – Trajetória do índice de aptidão física construído a partir dos testes SPM, IH e ABDO e padronizado pelo Score Z na infância (A), na adolescência (B) e na idade adulta (C).

A)



B)





Os dados relativos aos índices da aptidão muscular durante a infância indicaram que 57,6% da amostra permaneceu dentro da média do grupo, enquanto 20,9% situaram-se até 1 desvio padrão abaixo da média e 21,6% posicionaram-se até 1 desvio padrão acima da média. Na adolescência, verificou-se que 49,8% da amostra manteve-se na média do grupo, 30,6% foram posicionados até 1 desvio padrão abaixo da média e 19,6% foram posicionados até 1 desvio padrão acima da média. Por fim, na idade adulta, observou-se que 53,5% da amostra permaneceu dentro da média do grupo, 27,3% foram posicionados até 1 desvio padrão abaixo e 19,2% até 1 desvio padrão acima da média.

#### 4.5. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo consistiu em identificar as trajetórias do desenvolvimento da aptidão muscular durante a infância, a adolescência e idade adulta, por meio da análise de trajetórias desenvolvimentais. Para tal, foram identificadas as trajetórias de desempenho em três testes motores distintos, ao longo de três fases do desenvolvimento, abrangendo um período de 22 anos de acompanhamento.

O teste abdominal em um minuto é amplamente utilizado para avaliar a força e a resistência abdominal (Schoenell et al., 2013). O teste de impulsão horizontal, por sua vez, é empregado na mensuração da força e potência dos membros inferiores (Meylan et al., 2010). O teste de preensão manual visa medir a força muscular dos membros superiores e é considerado um indicativo de força global do corpo humano (Gómez-Campos et al., 2023; Frederiksen et al., 2006). Com base nos resultados desses testes, foi criado um índice para a aptidão muscular (Score Z).

Na infância, verificou-se o aumento da aptidão muscular durante o período de acompanhamento, dos sete aos 10 anos de idade, em todos os três testes motores avaliados. O estudo realizado por Holm et al., 2005 avaliou 12 rapazes nesta mesma faixa etária, foram realizadas extensões e flexões do joelho no dinamômetro isocinético e resultados semelhantes foram encontrados com o aumento da aptidão muscular nesta fase.

Nos nossos achados, o aumento da aptidão muscular também foi observado na adolescência, dos 11 aos 14 anos de idade. Estes resultados corroboram com estudos encontrados na literatura e que estudam o crescimento humano (Brent et al., 2013; Duarte et al., 2018; Holm et al., 2005; Peek et al., 2022; Wood et al., 2008).

A fase adulta, no entanto, caracterizou-se por um decréscimo da aptidão muscular dos 19 aos 31 anos de idade. No estudo realizado por Alcazar et al., 2023, indivíduos de ambos os sexos diminuíram a potência muscular na idade adulta, após o acompanhamento de 10 anos. Charlier et al., 2016 encontrou decréscimo na força muscular em ambos os sexos na mesma fase de acompanhamento. Ambos os estudos apontam para um declínio gradativo e constante da aptidão muscular na fase adulta.

A análise dos escores z revelou variações significativas ao longo das diferentes fases da vida. Durante a infância, 22,9% da amostra situou-se abaixo da média,

enquanto 20,4% foram situadas acima da média. Na adolescência, 32,0% dos indivíduos permaneceram abaixo da média, em contraste com 18,4% que se posicionaram acima dela. Na fase adulta, os dados indicaram que 56,4% dos participantes ficaram abaixo da média, ao passo que 12,1% ultrapassaram a média estabelecida. Esses dados sugerem uma tendência de aumento na proporção de indivíduos que ficam abaixo da média à medida que envelhecem.

O pico da aptidão muscular foi atingido aos 23 anos para o teste de preensão manual e para o teste abdominal e aos 25 anos para o teste de impulsão horizontal.

O incremento da aptidão muscular desde a infância até atingir o platô, geralmente entre a segunda e a terceira década de vida, seguido de um decréscimo até o final da vida é relatado por alguns autores (Gómez-Campos et al., 2023; Perna et al., 2016; Nahhas et al., 2010). Entretanto, ainda são escassos os estudos que investigaram esses fenômenos de forma longitudinal.

As trajetórias desenvolvimentais (Jones e Nagin, 2012) parecem ser um instrumental eficaz para melhor avaliar determinados pontos ao longo do tempo. Apesar do método linear ser uma das opções da avaliação ao longo do tempo, os métodos não lineares (quadráticos, cúbicos, quartílicos e quintílicos) parecem melhor representar as informações referentes a aptidão muscular (Gómez-Campos et al., 2023; Zenic et al., 2013).

Investigações futuras deverão analisar a influência dos fatores associados a aptidão muscular, como as variáveis antropométricas, de composição corporal e os níveis de atividade física, por exemplo.

Com isso, conclui-se que a aptidão muscular apresentou aumento gradativo e constante na infância e na adolescência. O platô da aptidão muscular foi atingido na primeira metade da segunda década de vida, seguido de um declínio destas condições. Além disso, modelos estatísticos não lineares parecem melhor explicar a relação desta variável ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

AAHPERD. *Physical Best*. Reston, VA: **American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance**, 1988.

ALCAZAR, J.; RODRIGUEZ-LOPEZ, C.; DELECLUSE, C.; THOMIS, M.; VAN ROIE, E. Ten-year longitudinal changes in muscle power, force, and velocity in young, middle-aged, and older adults. ***Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle***, v. 14, n. 2, p. 1019-1032, 2023.

BARBOSA, C. C. L.; DA COSTA, J. C.; ROMANZINI, C. L. P.; BATISTA, M. B.; BLASQUEZ-SHIGAKI, G.; FERNANDES, R. A. et al. Interrelationship between muscle fitness in childhood and bone mineral density in adulthood: mediation analysis of muscle fitness in adulthood. ***BMC Public Health***, v. 23, n. 1, p. 648, 2023.

BENNIE, J. A.; SMITH, J. J.; QIAN, W.; LEATHERDALE, S. T.; FAULKNER, G. Longitudinal trends and predictors of muscle-strengthening activity guideline adherence among Canadian youths. ***Journal of Science and Medicine in Sport***, v. 25, n. 3, p. 230-234, 2022.

BRENT, J. L.; MYER, G. D.; FORD, K. R.; PATERNO, M. V.; HEWETT, T. E. The effect of sex and age on isokinetic hip-abduction torques. ***Journal of Sport Rehabilitation***, v. 22, n. 1, p. 41-46, 2013.

BULL, F. C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. ***British Journal of Sports Medicine***, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.

CHARLIER, R.; KNAEPS, S.; MERTENS, E.; VAN ROIE, E.; DELECLUSE, C.; LEFEVRE, J.; THOMIS, M. Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. ***Age***, v. 38, p. 1-15, 2016.

DE STE CROIX, M.; ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R.; SHARPE, P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. ***Annals of Human Biology***, v. 29, n. 1, p. 50-62, 2002.

DO AMARAL BENFICA, P.; AGUIAR, L. T.; DE BRITO, S. A. F.; BERNARDINO, L. H. N.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; DE MORAIS FARIA, C. D. C. Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta-analysis. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 22, n. 5, p. 355-369, 2018.

DUARTE, J. P.; VALENTE-DOS-SANTOS, J.; COSTA, D.; COELHO-E-SILVA, M. J.; DEPREZ, D.; PHILIPPAERTS, R. et al. Multilevel modelling of longitudinal changes in isokinetic knee extensor and flexor strength in adolescent soccer players. **Annals of Human Biology**, v. 45, n. 5, p. 453-456, 2018.

EVELETH, P. H.; TANNER, J. M. Worldwide variation in human growth. 2. ed. **Cambridge: Cambridge University Press**, 1990.

FAIGENBAUM, A. D.; MACDONALD, J. P.; STRACCIOLINI, A.; REBULLIDO, T. R. Making a strong case for prioritizing muscular fitness in youth physical activity guidelines. **Current Sports Medicine Reports**, v. 19, n. 12, p. 530-536, 2020.

FAIGENBAUM, A. D.; REBULLIDO, T. R.; PEÑA, J.; CHULVI-MEDRANO, I. Resistance exercise for the prevention and treatment of pediatric dynapenia. **Journal of Science in Sport and Exercise**, v. 1, n. 3, p. 208-216, 2019.

FRASER, B. J.; BLIZZARD, L.; BUSCOT, M. J. et al. Muscular strength across the life course: the tracking and trajectory patterns of muscular strength between childhood and mid-adulthood in an Australian cohort. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 24, n. 7, p. 696–701, 2021.

FRASER, B. J.; BLIZZARD, L.; CLELAND, V.; BUSCOT, M. J.; DWYER, T.; SCHMIDT, M. D.; VENN, A. J. Childhood factors associated with muscular strength trajectories between childhood and mid-adulthood. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 54, n. 11, 2022.

FREDERIKSEN, H.; HJELMBORG, J.; JAKOB MORTENSEN; MCGUE, M.; VAUPEL, J. W.; CHRISTENSEN, K. Age trajectories of grip strength: Cross-sectional and longitudinal data among 8,342 Danes aged 46 to 102. **Annals of epidemiology**, v.16, n.7, p. 554-562, 2006.

GOMES, T. N.; DOS SANTOS, F. K.; KATZMARZYK, P. T.; MAIA, J. Active and strong: physical activity, muscular strength, and metabolic risk in children. ***American Journal of Human Biology***, v. 29, n. 1, 2017.

GÓMEZ-CAMPOS, R.; VIDAL ESPINOZA, R.; DE ARRUDA, M.; RONQUE, E. R. V.; URRRA-ALBORNOZ, C.; MINANGO, J. C. et al. Relationship between age and handgrip strength: proposal of reference values from infancy to senescence. ***Frontiers in Public Health***, v. 10, p. 1072684, 2023.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed.). *Anthropometric standardization reference manual*. **Champaign: Human Kinetics Books**, p. 3-8, 1988.

GUEDES, D. P. *Manual Prático para Avaliação em Educação Física*. Barueri: Manole, 2006.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. Proposição de equações para predição da quantidade de gordura corporal em adultos jovens. ***Semina – Revista Cultural e Científica da Universidade Estadual de Londrina***, v. 12, p. 61-70, 1991.

HARRISON, G. C. et al. Skinfold thickness and measurement technique. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.). *Anthropometric standardization reference manual*. **Champaign: Human Kinetics**, p. 55-80, 1988.

HOLM, I.; STEEN, H.; OLSTAD, M. Isokinetic muscle performance in growing boys from pre-teen to maturity: an eleven-year longitudinal study. ***Isokinetics and Exercise Science***, v. 13, n. 2, p. 153-158, 2005.

JONES, B. L.; NAGIN, D. S. **A Stata plugin for estimating group-based trajectory models**. 2012. Disponível em:  
<<https://pdfs.semanticscholar.org/fc51/d4ff61909fa893edbf6ee5da32ac48fdc430.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2024.

LOPEZ-GONZALEZ, D.; WELLS, J. C.; CORTINA-BORJA, M.; FEWTRELL, M.; PARTIDA-GAYTÁN, A.; CLARK, P. Reference values for bone mineral density in healthy Mexican children and adolescents. *Bone*, v. 142, p. 115734, 2021.

MEYLAN, C. M.; NOSAKA, K.; GREEN, J.; CRONIN, J. B. Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of sports sciences*, v. 28, n. 5, p. 545-554, 2010.

NAHHAS, R. W.; CHOH, A. C.; LEE, M.; CHUMLEA, W. M. C.; DUREN, D. L.; SIERVOGEL, R. M.; CZERWINSKI, S. A. Bayesian longitudinal plateau model of adult grip strength. *American Journal of Human Biology*, v. 22, n. 5, p. 648-656, 2010.

NYLUND, K. L.; ASPAROUHOV, T.; MUTHÉN, B. O. Deciding on the number of classes in latent class analysis and growth mixture modelling: a Monte Carlo simulation study. *Structural Equation Modeling*, v. 14, n. 4, p. 535-569, 2007.

OLIVEIRA, A. B. D.; KATZMARZYK, P. T.; DANTAS, W. S.; BENSEÑOR, I. J. M.; GOULART, A. D. C.; EKELUND, U. Perfil de atividade física no tempo livre e tempo sedentário em adultos no Brasil: inquérito nacional, 2019. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 32, 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Relatório sobre o ponto de situação global da atividade física 2022: sumário executivo**. Direção-Geral da Saúde, 2022. Disponível em: <<https://iris.who.int/handle/10665/365405>>. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

ORSSO, C. E.; TIBAES, J. R.; OLIVEIRA, C. L.; RUBIN, D. A.; FIELD, C. J.; HEYMSFIELD, S. B. et al. Low muscle mass and strength in pediatrics patients: Why should we care? *Clinical Nutrition*, v. 38, n. 5, p. 2002-2015, 2019.

ORTEGA, F. B.; RUIZ, J. R.; CASTILLO, M. J.; SJOSTROM, M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity (Lond)*, v. 32, n. 1, p. 1–11, 2008.

PEEK, K.; FORD, K. R.; MYER, G. D.; HEWETT, T. E.; PAPPAS, E. Effect of sex and maturation on knee extensor and flexor strength in adolescent athletes. ***The American Journal of Sports Medicine***, v. 50, n. 12, p. 3280-3285, 2022.

PERNA, F. M.; COA, K.; TROIANO, R. P.; LAWMAN, H. G.; WANG, C. Y.; LI, Y.; KRAEMER, W. J. Muscular grip strength estimates of the US population from the national health and nutrition examination survey 2011–2012. ***The Journal of Strength & Conditioning Research***, v. 30, n. 3, p. 867-874, 2016.

ROSS, W. D.; MARFELL-JONES, M. J. Kinanthropometry. In: MACDOUGALL, J. D.; WENGER, H. A.; GREEN, H. S. *Physiological Testing of the Elite Athlete*. Ithaca, New York: **Mouvement Publications, Inc.**, 1982.

SAYER, A. A.; SYDDALL, H.; MARTIN, H.; PATEL, H.; BAYLIS, D.; COOPER, C. The developmental origins of sarcopenia. ***The Journal of Nutrition, Health and Aging***, v. 12, n. 7, p. 427-432, 2008.

SCHOENELL, M. C. W.; TIGGE, C. L.; CADORE, E. L.; TARTARUGA, M. P.; KRUEL, L. F. M. Correlação e reprodutibilidade de testes abdominais em mulheres jovens. ***Revista Brasileira de Ciências do Esporte***, v. 35, n. 3, p. 561-574, 2013.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R.; HORSWILL, C.; STILLMAN, R. J.; VAN LOAN, M. D.; BEMBEN, D. A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. ***Human Biology***, v. 60, p. 709-723, 1988.

SMITH, J. J.; EATHER, N.; WEAVER, R. G.; RILEY, N.; BEETS, M. W.; LUBANS, D. R. Behavioral correlates of muscular fitness in children and adolescents: a systematic review. ***Sports Medicine***, v. 49, p. 887-904, 2019.

SOARES, J.; SESSA, M. Medidas de força muscular. In: MATSUDO, V. K. R. (editor). *Testes em Ciências do Esporte*. São Caetano do Sul: Celafiscs, 2001.

WOOD, L. E.; DIXON, S.; GRANT, C.; ARMSTRONG, N. Isokinetic elbow torque development in children. ***International Journal of Sports Medicine***, v. 28, n. 6, p. 466-470, 2007.

ZENIĆ, N.; FORETIĆ, N.; BLAŽEVIĆ, M. Nonlinear relationships between anthropometric and physical fitness variables in untrained pubescent boys.

***Collegium Antropologicum***, v. 37, n. 2, p. 153-159, 2013.

ZWOLSKI, C.; QUATMAN-YATES, C.; PATERNO, M. V. Resistance training in youth: laying the foundation for injury prevention and physical literacy. ***Sports***

***Health***, v. 9, n. 5, p. 436-443, 2017.

## CAPÍTULO 5 – ARTIGO ORIGINAL 2

### RESUMO

#### FATORES ASSOCIADOS DA APTIDÃO MUSCULAR NA INFÂNCIA, NA ADOLESCÊNCIA E NA IDADE ADULTA.

**Objetivo:** Identificar os preditores da aptidão muscular na infância, adolescência e idade adulta. **Métodos:** Este estudo longitudinal abrangeu um período de 22 anos, dividido em três fases de coleta de dados: Fase I (2002 a 2005), Fase II (2016) e Fase III (2024). Em todas as fases, foram coletadas variáveis antropométricas (massa corporal e estatura), de composição corporal (massa magra) e de aptidão muscular (preensão manual, salto horizontal e resistência/força abdominal). Na Fase I, também foi avaliada a maturação somática, e na idade adulta foram obtidas informações sobre a atividade física habitual por meio de acelerômetro. A amostra incluiu 206 participantes na infância, 166 na adolescência e 68 na idade adulta, de ambos os sexos. A análise de correlação de Pearson foi empregada para identificar possíveis fatores associados, e a magnitude de explicação das variáveis foi testada por meio de regressão linear múltipla, utilizando o método backward. A significância foi estabelecida em  $P < 0,05$ . **Resultados:** Na infância, o teste de preensão manual apresentou um  $R^2$  ajustado de 0,497, com massa magra, estatura e sexo sendo os preditores mais relevantes. No teste abdominal, o  $R^2$  ajustado foi de 0,103, com massa corporal, sexo e idade cronológica como principais variáveis. No teste de impulsão horizontal, o  $R^2$  ajustado foi de 0,368, destacando IMC, sexo e idade cronológica como preditores significativos. Durante a adolescência, o pico de velocidade de crescimento (PVC) foi a principal variável preditora em todos os testes, com  $R^2$  ajustado de 0,060 no teste de preensão manual, 0,019 no teste abdominal e 0,020 no teste de impulsão horizontal, evidenciando a influência do fator maturacional na aptidão muscular nesta fase. Na fase adulta, os modelos preditivos para aptidão muscular apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados: 0,728 para o teste de preensão manual (com sexo e estatura como principais preditores), 0,287 para o teste abdominal (com massa muscular, sexo, IMC e estatura como variáveis mais influentes) e 0,705 para o teste de impulsão horizontal (com sexo, massa corporal, massa magra e atividade física como preditores significativos). **Conclusão:** O estudo, conduzido ao longo de 22 anos,

identificou variáveis antropométricas, sexo e estado maturacional como preditores significativos da aptidão muscular em diferentes fases da vida. Na infância, massa magra, estatura e sexo foram os principais preditores. Durante a adolescência, o pico de velocidade de crescimento (PVC) demonstrou influência na aptidão muscular. Na fase adulta, sexo, estatura, massa muscular, IMC e massa corporal destacaram-se como os principais determinantes.

**Palavras-chave:** aptidão muscular; preditores; infância; adolescência; adulto; estudos longitudinais.

## 5.1. INTRODUÇÃO

A aptidão muscular pode ser influenciada por fatores biológicos, como as características genéticas, e por hábitos da vida, como a atividade física. Estes fatores associados revelam diferenças importantes na quantidade e qualidade da aptidão muscular (Lopez-Gonzalez et al., 2021; Do Amaral Benfica et al., 2018).

Dentre os possíveis fatores associados na predição da aptidão muscular, principalmente na fase de crescimento físico, a estatura (De Ste Croix et al., 2002; Duarte et al., 2018; Wood et al., 2008), a massa corporal (Brent et al., 2013; De Ste Croix et al., 2002; Holm et al., 2005), a massa magra (Duarte et al., 2018; Wood et al., 2008), a idade cronológica (Duarte et al., 2018; Wood et al., 2007; Peek et al., 2022), e a maturação somática (Peek et al., 2022) tem sido apontados pela literatura.

Contudo, a identificação da atuação de cada um destes fatores associados da aptidão muscular em cada fase do desenvolvimento físico, parece não estar bem documentado na literatura.

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi de identificar os preditores da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta.

## **5.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.2.1. Amostra**

O presente estudo integra o banco de dados de uma pesquisa prospectiva intitulada “Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e adolescência e seus indicadores de função cognitiva na vida adulta: um estudo longitudinal”, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, conforme a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (Parecer nº 5.516.440 de 08/07/2022). Trata-se de uma pesquisa observacional com delineamento longitudinal, com amostra intencional.

Indivíduos de ambos os sexos, com idades entre sete e 14 anos (fase I), foram selecionados para medições antropométricas, composição corporal, aptidão muscular e maturação somática. Nesta fase, foram coletados dados de 519 participantes. Para a análise, foram escolhidos indivíduos com pelo menos três momentos de coleta, totalizando 206 sujeitos na infância e 166 na adolescência.

Com base nas informações pessoais arquivadas, os participantes foram contatados por e-mail, telefone e redes sociais, e convidados a participar da segunda fase do estudo em 2016. Nesta fase, os indivíduos tinham entre 18 e 25 anos, e 150 participantes da fase inicial aceitaram participar e foram avaliados na fase II.

Na fase III, participaram 68 indivíduos, de ambos os sexos, com idades entre 25 e 32 anos, que foram avaliados pelo menos uma vez na fase I e na fase II. Nesta fase, foram coletadas informações sobre atividade física habitual utilizando acelerômetro."

### **5.2.2. Critérios de inclusão e exclusão do estudo**

Os critérios de inclusão para participação na pesquisa foram: ter participado e apresentar as medidas das variáveis do estudo em qualquer momento das fases I e II. Foram excluídos participantes que faziam uso frequente de medicamentos, que estavam em tratamento para alguma doença, que possuíam limitações físicas ou que não retornaram com o TCLE devidamente assinado.

### 5.2.3. Coleta de dados e variáveis do estudo

A coleta de dados foi realizada em duas etapas. Na primeira, os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e foram coletados dados antropométricos, de composição corporal e de dinamometria manual. Além disso, foi entregue um acelerômetro para quantificação das intensidades da atividade física. Uma semana depois, foram coletados dados de resistência abdominal e salto horizontal, e o acelerômetro foi recolhido.

Na fase I, a massa corporal foi medida com uma balança digital Filizola (precisão de 0,05 kg) e a estatura foi obtida por meio de um estadiômetro de madeira (precisão de 0,1 cm). Nas fases II e III, a massa corporal foi medida com uma balança digital Seca (precisão de 0,1 kg) e a estatura com um estadiômetro portátil Harpenden® (precisão de 0,1 cm), seguindo os procedimentos de Gordon, Chumlea e Roche (1988). A composição corporal foi avaliada através de medidas de dobras cutâneas utilizando um adipômetro Lange (precisão de 1 mm), conforme descrito por Harrison et al. (1988). Na fase I, o protocolo de Slaughter et al. (1988) foi utilizado para calcular o percentual de gordura e massa magra, enquanto nas fases II e III, foi seguido o protocolo de Guedes et al. (1991).

Os participantes foram orientados a evitar medicamentos, fumar, comer e ingerir bebidas alcoólicas nas duas horas que antecederam os testes, além de se absterem de realizar exercícios físicos nas 24 horas anteriores.

A força de preensão manual foi medida com um dinamômetro ajustável Jamar (precisão de 2 kgf), testando-se três vezes em cada mão alternadamente, de acordo com Soares e Sessa (2001). Para análise, foi considerada a maior preensão dos braços direito e esquerdo. Para o teste abdominal, cada participante realizou o máximo de repetições possíveis em 60 segundos, com permissão para descansos entre as repetições, seguindo as padronizações da AAHPERD (1988). O salto horizontal foi realizado com a escala de medida posicionada entre os pés dos participantes, registrando-se a maior distância alcançada em três tentativas, conforme descrito por Soares e Sessa (2001).

### 5.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Os dados foram processados no SPSS v. 29.0. A amostra foi caracterizada por valores de média e desvio padrão, considerando os momentos de avaliação: infância e adolescência (2002 a 2005), e idade adulta (2016 e 2024).

A caracterização da amostra foi realizada utilizando-se o teste t para variáveis independentes. A análise de correlação de Pearson foi utilizada para identificar os possíveis fatores de associação entre os indicadores de aptidão muscular e os possíveis preditores ao longo do tempo. Posteriormente, para testar a magnitude de explicação das variáveis, foi empregada a análise de regressão linear múltipla, utilizando-se o método backward. A significância foi estabelecida em  $P < 0,05$ .

## 5.4. RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta a descrição dos participantes na infância (*baseline* - 2002), na adolescência e na idade adulta (*follow-up* – 2024), a comparação foi realizada entre os sexos na mesma fase do desenvolvimento.

**Tabela 4** – Características descritivas da amostra em três fases do desenvolvimento físico.

Variáveis	Infância (n = 206)		Adolescência (n = 166)		Adultos (n = 68)	
	Masculino (n = 112)	Feminino (n = 94)	Masculino (n = 91)	Feminino (n = 75)	Masculino (n = 36)	Feminino (n = 32)
Idade (anos)	8,85 ± 0,99	8,75 ± 0,98	12,32 ± 1,11	12,27 ± 1,08	25,77 ± 3,76	25,35 ± 3,76
MC (kg)	33,70 ± 8,99*	31,50 ± 7,66	48,34 ± 12,80	47,86 ± 11,35	78,97 ± 13,57*	62,54 ± 9,31
Estatura (cm)	134,72 ± 8,26	133,02 ± 7,96	154,99 ± 10,59	154,25 ± 8,90	177,28 ± 7,25*	165,15 ± 7,06
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,29 ± 2,99*	17,61 ± 2,84	19,85 ± 3,55	19,97 ± 3,81	25,04 ± 3,40*	22,90 ± 2,94

Nota: MC = massa corporal; \*Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

A Tabela 4.1 apresenta a descrição da aptidão muscular, nas três fases do desenvolvimento físico e os valores dos testes motores (preensão manual, impulsão horizontal e abdominal).

**Tabela 4.1** – Características descritivas da aptidão muscular entre os sexos.

Testes motores	Infância (n = 206)		Adolescência (n = 166)		Adultos (n = 68)	
	Masculino (n = 112)	Feminino (n = 94)	Masculino (n = 91)	Feminino (n = 75)	Masculino (n = 36)	Feminino (n = 32)
SPM (kgf)	36,00 ± 8,05*	32,44 ± 7,47	57,38 ± 16,78*	49,30 ± 10,97	93,77 ± 16,46*	56,73 ± 9,07
IH (cm)	134,33 ± 17,47*	122,24 ± 19,68	159,49 ± 23,07*	137,68 ± 25,17	203,19 ± 23,06*	148,57 ± 18,43
ABDO (rep)	31,34 ± 7,42*	28,50 ± 8,85	38,36 ± 8,56*	32,83 ± 8,22	45,87 ± 8,85*	36,57 ± 9,67

Nota: SPM = soma da preensão manual; IH = impulsão horizontal; ABDO = abdominal; kgf = quilo grama força; rep = repetições; \*Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

A Tabela 4.2 apresenta a correlação de Pearson, utilizada para a construção dos modelos de predição da aptidão muscular.

A Tabela 4.3 apresenta a regressão linear múltipla no período da infância. Os resultados indicam que as variáveis sexo ( $\beta = -0,181$ ,  $P < 0,001$ ), estatura ( $\beta = 0,245$ ,  $P = 0,004$ ) e massa magra ( $\beta = 0,426$ ,  $P < 0,001$ ) são preditores significativos da SPM. Para o teste ABDO as variáveis sexo ( $\beta = -0,255$ ,  $P < 0,001$ ) e massa corporal ( $\beta = -0,255$ ,  $P < 0,001$ ) foram preditores significativos. E as variáveis sexo ( $\beta = -0,411$ ,  $P < 0,001$ ), idade cronológica ( $\beta = 0,210$ ,  $P < 0,001$ ) e IMC ( $\beta = -0,438$ ,  $P < 0,001$ ) foram preditores significativos da IH.

A Tabela 4.4 apresenta a regressão linear múltipla no período da adolescência. Os resultados da análise indicam que a variável pico de velocidade de crescimento (PVC) é um preditor significativo para SPM ( $\beta = 0,156$ ,  $P = 0,050$ ). Para a variável ABDO, o PVC também se mostrou um preditor significativo ( $\beta = -0,157$ ,  $P = 0,045$ ). Por fim, na variável IH, o PVC novamente se destacou como um preditor significativo ( $\beta = -0,161$ ,  $P = 0,041$ ).

A Tabela 4.5 apresenta a regressão linear múltipla na fase adulta. Os resultados indicam que as variáveis estatura ( $\beta = 0,182$ ,  $P = 0,034$ ) e sexo ( $\beta = -0,728$ ,  $P < 0,001$ ) são preditores significativos de SPM. Para o teste ABDO as variáveis estatura ( $\beta = -0,491$ ,  $P = 0,048$ ), IMC ( $\beta = -0,507$ ,  $P = 0,021$ ) e sexo ( $\beta = -0,551$ ,  $P <$

0,001) foram preditores significativos. Por fim, as variáveis massa corporal ( $\beta = -0,516$ ,  $P = 0,008$ ), massa magra ( $\beta = 0,472$ ,  $P = 0,032$ ) e sexo ( $\beta = -0,812$ ,  $P < 0,001$ ) foram preditores significativos de IH.

**Tabela 4.2** – Correlação entre os testes motores e os preditores da aptidão muscular na infância, na adolescência e na idade adulta.

Fase	Testes Motores	IC (r)	MC (r)	Estatura (r)	IMC (r)	MM (r)	PVC (r)	AF(r)
Infância	SPM (kgf)	- 0,167*	0,642*	0,623*	0,524*	0,675*	0,110	
	ABDO (rep)	- 0,081	- 0,204*	- 0,127*	- 0,203*	- 0,151*	- 0,077	
	IH (cm)	0,243	- 0,300*	- 0,055	- 0,376*	- 0,196*	- 0,002	
Adolescência	SPM (kgf)	0,035	0,026	0,025	0,026	0,032	0,145*	
	ABDO (rep)	- 0,012	- 0,013	- 0,108	0,048	- 0,015	- 0,157*	
	IH (cm)	0,004	0,063	- 0,007	0,092	0,009	- 0,161*	
Adulto	SPM (kgf)	0,115	0,541*	0,658*	0,225*	0,664*		0,183
	ABDO (rep)	0,098	0,095	0,248*	- 0,055	0,249*		0,021
	IH (cm)	0,088	0,352*	0,542*	0,065	0,512*		0,073

Nota: Preditores utilizados na correlação de *Pearson*: IC = Idade cronológica; MC = Massa corporal; Estatura; IMC; MM = Massa muscular; PVC = Pico de velocidade de crescimento (Infância e adolescência); Atividade física (Adulto). Testes motores: SPM = Soma da prensão manual; ABDO = Abdominal; IH = Impulsão horizontal; kgf = quilograma-força; rep = repetições; AF = atividade física; \* Significância estabelecida em  $P < 0,05$ .

**Tabela 4.3** – Regressão linear múltipla no período da infância.

Testes motores (n=206)	Preditores	R <sup>2</sup>	Coeficientes		Intervalo de confiança (95%)	P	VIF
		ajustado	Padronizados (β)				
SPM (kgf)	Constante	0,497			-19,633 17,575	0,913	
	Sexo		-0,181		-3,357 -0,949	<0,001	1,072
	Idade cronológica		-0,064		-0,421 0,089	0,202	1,031
	Estatuta		0,245		0,070 0,360	0,004	2,862
	Massa magra		0,426		0,267 0,612	<0,001	2,954
ABDO (rep)	Constante	0,103			38,965 61,452	<0,001	
	Sexo		- 0,255		-5,157 -1,639	<0,001	1,022
	Idade cronológica		- 0,111		-0,699 0,057	0,096	1,015
	Massa corporal		- 0,255		-0,290 -0,091	<0,001	1,037
IH (cm)	Constante	0,368			66,327 153,064	<0,001	
	Sexo		- 0,411		-16,269 -9,332	<0,001	1,036
	Idade cronológica		0,210		3,738 12,094	<0,001	1,027
	IMC		- 0,438		-2,756 -1,647	<0,001	1,017

Nota: kgf = quilograma-força; rep = repetições; SPM = soma da preensão manual; ABDO = abdominal; IH = impulsão horizontal.

**Tabela 4.4** – Regressão linear múltipla no período da adolescência.

<b>Testes motores (n =163)</b>	<b>Preditores</b>	<b>R<sup>2</sup> Ajustado</b>	<b>Coefficientes Padronizados (<math>\beta</math>)</b>	<b>Intervalo de confianças (95%)</b>		<b>P</b>	<b>VIF</b>
SPM (kgf)	Constante	0,060		53,897	58,225	<0,001	
	PVC		0,256	1,186	4,499	<0,001	1,000
ABDO (rep)	Constante	0,019		35,174	38,012	<0,001	
	PVC		- 0,157	- 2,518	- 0,026	0,045	1,000
IH (cm)	Constante	0,020		148,607	156,094	<0,001	
	PVC		- 0,161	- 6,722	- 0,148	0,041	1,000

Nota: kgf = quilograma-força; rep = repetições; SPM = soma da preensão manual; ABDO = abdominal; IH = impulsão horizontal; PVC = pico de velocidade de crescimento.

**Tabela 4.5** – Regressão linear múltipla na fase adulta.

Testes motores (n=68)	Preditores	R <sup>2</sup>	Coeficientes		Intervalo de confianças (95%)	P	VIF	
		ajustado	Padronizados ( $\beta$ )					
SPM (kgf)	Constante	0,728			-26,012	126,650	0,193	
	Estatura		0,182		0,034	0,832	0,034	1,745
	Sexo		- 0,728		-40,137	-25,068	<0,001	1,745
ABDO (rep)	Constante	0,287			65,540	215,459	<0,001	
	Estatura		- 0,491		-0,937	-0,005	0,048	5,546
	IMC		- 0,507		-2,408	-0,200	0,021	4,338
	Massa magra		0,587		-0,085	1,065	0,093	11,173
	Sexo		- 0,551		-15,402	-4,548	<0,001	2,113
IH (cm)	Constante	0,705			221,365	311,035	<0,001	
	Massa corporal		- 0,516		-1,955	-0,302	0,008	8,110
	Massa magra		0,472		0,118	2,586	0,032	10,540
	Atividade física		- 0,108		-0,103	0,013	0,126	1,096
	Sexo		- 0,812		-62,100	-38,929	<0,001	1,971

Nota: kgf = quilograma-força; rep = repetições; SPM = soma da preensão manual; ABDO = abdominal; IH = impulsão horizontal.

## 5.5. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi identificar os preditores da aptidão muscular nas fases da infância, adolescência e idade adulta. Este estudo abrangeu um período de 22 anos de acompanhamento, englobando três distintas fases do desenvolvimento humano.

Os modelos de predição foram elaborados considerando múltiplas variáveis independentes, conforme indicado pelos resultados da regressão linear múltipla, variando de acordo com o tipo de teste motor aplicado e a fase de desenvolvimento.

Na fase infantil, o modelo selecionado para a predição da aptidão muscular no teste de preensão manual apresentou um  $R^2$  ajustado de 0,497. As variáveis independentes que mais contribuíram para a explicação da variação da aptidão muscular neste teste foram, em ordem de importância: massa magra ( $\beta = 0,428$ ;  $P < 0,001$ ), estatura ( $\beta = 0,255$ ;  $P = 0,004$ ) e sexo ( $\beta = -0,179$ ;  $P < 0,001$ ). Esses preditores foram responsáveis por 49,7% da variação observada na aptidão muscular.

Para a predição da aptidão muscular no teste abdominal, o modelo revelou um  $R^2$  ajustado de 0,103, indicando que as variáveis massa corporal ( $\beta = -0,255$ ;  $P < 0,001$ ), sexo ( $\beta = -0,255$ ;  $P < 0,001$ ) e idade cronológica ( $\beta = -0,111$ ;  $P = 0,096$ ), explicaram 10,3% da variação na aptidão muscular neste teste.

No teste de impulsão horizontal, o modelo selecionado apresentou um  $R^2$  ajustado de 0,368. As variáveis que constituíram o modelo foram: IMC ( $\beta = -0,438$ ;  $P < 0,001$ ), sexo ( $\beta = -0,411$ ;  $P < 0,001$ ) e idade cronológica ( $\beta = 0,210$ ;  $P < 0,001$ ), que, em conjunto, explicaram 36,8% da variação da aptidão muscular nesse teste.

Em síntese, na infância, as variáveis antropométricas (massa magra, estatura, massa corporal, IMC), além da idade cronológica e sexo, foram identificadas como preditores significativos da aptidão muscular em diferentes testes. Estudos anteriores corroboram esses achados; por exemplo, De Ste Croix et al. (2002) sugerem a estatura e a massa corporal como preditores da aptidão muscular em crianças de 10 anos de idade. Holm et al. (2005), ao trabalhar com crianças nessa mesma faixa etária, destaca a massa corporal como um importante preditor da aptidão muscular.

Durante a adolescência, o modelo de predição para o teste de preensão manual apresentou um coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado) de 0,060, tendo como única variável preditora o PVC ( $\beta = 0,256$ ;  $P < 0,001$ ), explicando 6% da variação observada.

Para o teste abdominal, o modelo de predição apresentou um  $R^2$  ajustado de 0,019, com o PVC como variável independente ( $\beta = -0,157$ ;  $P = 0,045$ ), explicando 1,9% da variação observada.

No teste de impulsão horizontal, o modelo de predição revelou um  $R^2$  ajustado de 0,020, com o PVC ( $\beta = -0,161$ ;  $P = 0,041$ ) como única variável preditora, explicando 2% da variação observada.

O pico de velocidade de crescimento (PVC) é uma variável utilizada para identificar o momento maturacional em que o indivíduo se encontra. Estudos recentes (Peek et al., 2022) sugerem o fator maturacional como preditor da aptidão muscular durante a adolescência.

Na fase adulta, a predição da aptidão muscular para o teste de preensão manual apresentou um coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado) de 0,728. Para a construção do modelo foram utilizadas as variáveis de sexo ( $\beta = -0,728$ ) e estatura ( $\beta = 0,182$ ), alcançando um poder de explicação de 72,8% da variação observada.

No teste abdominal, o modelo apresentou um  $R^2$  ajustado de 0,287, sendo construído pelas variáveis de massa muscular ( $\beta = 0,587$ ;  $P = 0,093$ ), sexo ( $\beta = -0,551$ ;  $P < 0,001$ ), IMC ( $\beta = -0,507$ ;  $P = 0,021$ ) e estatura ( $\beta = -0,491$ ;  $P = 0,048$ ), correspondendo à 28,7% da variação observada.

Para o teste de impulsão horizontal o  $R^2$  ajustado foi de 0,705, o modelo foi construído utilizando as variáveis de sexo ( $\beta = -0,812$ ;  $P < 0,001$ ), massa corporal ( $\beta = -0,516$ ;  $P = 0,008$ ), massa magra ( $\beta = 0,472$ ;  $P = 0,032$ ) e atividade física ( $\beta = -0,108$ ;  $P = 0,126$ ), sendo responsável por 70,5% da variação observada.

Na fase adulta, as variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, massa magra, índice de massa corporal), bem como o sexo, foram identificadas como preditores significativos da aptidão muscular em diversos testes. Um estudo recente sugeriu o sexo como um preditor da aptidão muscular (Do Amaral Benfica et al., 2024). Ademais, a massa corporal e a massa magra foram apresentadas como preditores da aptidão muscular na idade adulta (Rasso et al., 2016).

O estudo, conduzido ao longo de 22 anos, identificou variáveis antropométricas, sexo e estado maturacional como preditores significativos da aptidão muscular em diferentes fases da vida. Na infância, massa magra, massa corporal, IMC, estatura, sexo e idade cronológica destacaram-se como principais preditores. Durante a adolescência, o pico de velocidade de crescimento (PVC) mostrou influência na

aptidão muscular. Na fase adulta, sexo, estatura, massa muscular, IMC e massa corporal foram os principais determinantes.

Esses achados ressaltam a importância de considerar essas variáveis para a avaliação e promoção da aptidão muscular ao longo do desenvolvimento humano.

## REFERÊNCIAS

AAHPERD. *Physical Best*. Reston, VA: **American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance**, 1988.

BRENT, J. L.; MYER, G. D.; FORD, K. R.; PATERNO, M. V.; HEWETT, T. E. The effect of sex and age on isokinetic hip-abduction torques. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 22, n. 1, p. 41-46, 2013.

DE STE CROIX, M.; ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R.; SHARPE, P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Annals of Human Biology*, v. 29, n. 1, p. 50-62, 2002.

DO AMARAL BENFICA, P.; AGUIAR, L. T.; DE BRITO, S. A. F.; BERNARDINO, L. H. N.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; DE MORAIS FARIA, C. D. C. Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 22, n. 5, p. 355-369, 2018.

DO AMARAL BENFICA, P.; BRITO, S. A. F. de; CARMOGO, L. B.; ESTARLINO, L. D.; DOS REIS, M. T. F.; MELLO SANTANA, M. de; MORAIS FARIAS, C. D. C. de. Predictors of muscle strength assessed with the modified sphygmomanometer test. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, v. 38, p. 425-436, 2024.

DUARTE, J. P.; VALENTE-DOS-SANTOS, J.; COSTA, D.; COELHO-E-SILVA, M. J.; DEPRez, D.; PHILIPPAERTS, R. et al. Multilevel modelling of longitudinal changes in isokinetic knee extensor and flexor strength in adolescent soccer players. *Annals of Human Biology*, v. 45, n. 5, p. 453-456, 2018.

EVELETH, P. H.; TANNER, J. M. *Worldwide Variation in Human Growth*. 2. ed. **Cambridge: Cambridge University Press**, 1990.

FREEDSON, P. S.; MELANSON, E.; SIRARD, J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. Accelerometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 29, n. 5, p. 777-781, 1997.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed.). *Anthropometric*

standardization reference manual. **Champaign: Human Kinetics Books**, p. 3-8, 1988.

GUEDES, D. P. *Manual Prático para Avaliação em Educação Física*. Barueri: Manole, 2006.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. Proposição de equações para predição da quantidade de gordura corporal em adultos jovens. **Semina – Revista Cultural e Científica da Universidade Estadual de Londrina**, v. 12, p. 61-70, 1991.

HARRISON, G. C. et al. Skinfold thickness and measurement technique. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.). *Anthropometric standardization reference manual*. **Champaign: Human Kinetics**, p. 55-80, 1988.

HOLM, I.; STEEN, H.; OLSTAD, M. Isokinetic muscle performance in growing boys from pre-teen to maturity: an eleven-year longitudinal study. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 13, n. 2, p. 153-158, 2005.

LOPEZ-GONZALEZ, D.; WELLS, J. C.; CORTINA-BORJA, M.; FEWTRELL, M.; PARTIDA-GAYTÁN, A.; CLARK, P. Reference values for bone mineral density in healthy Mexican children and adolescents. **Bone**, v. 142, p. 115734, 2021.

MOORE, S. A. et al. Enhancing a somatic maturity prediction model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 8, p. 1755–1764, 2015.

PEEK, K.; FORD, K. R.; MYER, G. D.; HEWETT, T. E.; PAPPAS, E. Effect of sex and maturation on knee extensor and flexor strength in adolescent athletes. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 12, p. 3280-3285, 2022.

RASSO, V.; CASSILHAS, R. C.; SANTANA, M. G. D.; BOSCOLLO, R. A.; VIANA, V. A. R.; GRASSMANN, V.; et al. Preditores de força muscular em idosos. **MedicalExpress**, v. 3, p. M160309, 2016.

ROSS, W. D.; MARFELL-JONES, M. J. Kinanthropometry. In: MACDOUGALL, J. D.; WENGER, H. A.; GREEN, H. S. *Physiological Testing of the Elite Athlete*. Ithaca, **New York: Movement Publications, Inc.**, 1982.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R.; HORSWILL, C.; STILLMAN, R. J.; VAN LOAN, M. D.; BEMBEN, D. A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, v. 60, p. 709-723, 1988.

SOARES, J.; SESSA, M. Medidas de força muscular. In: MATSUDO, V. K. R. (editor). *Testes em Ciências do Esporte*. São Caetano do Sul: Celafiscs, 2001.

WOOD, L. E.; DIXON, S.; GRANT, C.; ARMSTRONG, N. Isokinetic elbow torque development in children. *International Journal of Sports Medicine*, v. 28, n. 6, p. 466-470, 2007.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos desta dissertação foram: i) Revisar sistematicamente a literatura sobre o desenvolvimento longitudinal da aptidão muscular na infância e adolescência; ii) Identificar as trajetórias da aptidão muscular na infância, adolescência e idade adulta; iii) Identificar os preditores da aptidão muscular em diferentes fases da vida.

A hipótese inicial do estudo foi que a aptidão muscular apresenta um padrão de crescimento ascendente durante a infância e adolescência, atingindo um platô na fase adulta, tipicamente entre a segunda e a terceira década de vida. Além disso, o desenvolvimento das curvas de trajetórias desenvolvimentais parece ser melhor explicado por métodos estatísticos não lineares, e os fatores preditores da aptidão muscular variam em seu nível de influência ao longo das diferentes fases da vida, refletindo as mudanças biofisiológicas e ambientais que ocorrem durante esses períodos.

Os resultados obtidos com o presente estudo permitem concluir que:

**Primeiro Objetivo:** As evidências apontam para um acréscimo progressivo da aptidão muscular ao longo do tempo, nas fases da infância e adolescência. Variáveis antropométricas, sexo, idade cronológica e maturação possuem um fator preditor nestas fases.

**Segundo Objetivo:** Nossos resultados indicaram que há um incremento progressivo na aptidão muscular na fase da infância e na adolescência, até que o platô seja atingido entre a segunda e a terceira década de vida, seguido por um decréscimo na aptidão muscular. Os indivíduos incluídos na trajetória acima da média apresentaram perda da aptidão muscular mais robusta e mais rápida quando comparados às outras duas trajetórias.

**Terceiro Objetivo:** Nossos achados identificaram variáveis antropométricas, sexo e estado maturacional como preditores significativos da aptidão muscular em diferentes fases da vida. Na infância, massa magra, estatura e sexo destacaram-se como principais preditores. Durante a adolescência, o pico de velocidade de crescimento (PVC) mostrou influência na aptidão muscular. Na fase adulta, sexo, estatura, massa muscular, IMC e massa corporal foram os principais determinantes.

Esses achados ressaltam a importância de considerar essas variáveis para a avaliação e promoção da aptidão muscular ao longo do desenvolvimento humano. É recomendável que futuras pesquisas continuem a investigar outros possíveis

preditores e suas interações ao longo das diferentes fases da vida, a fim de compreender melhor os mecanismos subjacentes ao desenvolvimento da aptidão muscular e estabelecer estratégias eficazes de intervenção e prevenção. O aprofundamento neste campo de estudo poderá contribuir significativamente para a saúde e o bem-estar das populações em diferentes contextos.

## REFERÊNCIAS

AAHPERD. *Physical Best*. Reston, VA: **American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance**, 1988.

AARTOLAHTI, E.; LÖNNROOS, E.; HARTIKAINEN, S.; HÄKKINEN, A. Long-term strength and balance training in prevention of decline in muscle strength and mobility in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, v. 32, p. 59-66, 2020.

ALCAZAR, J.; RODRIGUEZ-LOPEZ, C.; DELECLUSE, C.; THOMIS, M.; VAN ROIE, E. Ten-year longitudinal changes in muscle power, force, and velocity in young, middle-aged, and older adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 14, n. 2, p. 1019-1032, 2023.

ANDREO-LÓPEZ, M. C.; ZARCO-MARTÍN, M. T.; CONTRERAS-BOLÍVAR, V.; FERNÁNDEZ-SOTO, M. L. Prevalence of Sarcopenia and Dynapenia and Related Clinical Outcomes in Patients with Type 1 Diabetes Mellitus. *Nutrients*, v. 15, n. 23, p. 4914, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA-ABEP. *Crerios de Classificao Econmica Brasil*. 2015. Disponvel em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>. Acesso em: 21 nov. 2024.

AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS. *National Health Survey: First Results, 2017–18*. ABS cat, no. 4364.0.55.001. **Canberra: Australian Bureau of Statistics**, 2018.

BARBOSA, A. R.; SOUZA, J. M. P.; LEBRÃO, M. L.; LAURENTI, R.; MARUCCI, M. de F. N. Functional limitations of Brazilian elderly by age and gender differences: data from SABE Survey. *Caderno de Saude Pblica*, v. 21, n. 4, 2005.

BARBOSA, C. C. L.; DA COSTA, J. C.; ROMANZINI, C. L. P.; BATISTA, M. B.; BLASQUEZ-SHIGAKI, G.; FERNANDES, R. A. et al. Interrelationship between muscle fitness in childhood and bone mineral density in adulthood: mediation

analysis of muscle fitness in adulthood. *BMC Public Health*, v. 23, n. 1, p. 648, 2023.

BEHM, D. G.; YOUNG, J. D.; WHITTEN, J. H.; REID, J. C.; QUIGLEY, P. J.; LOW, J. et al. Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, v. 8, p. 423, 2017.

BENNIE, J. A.; SMITH, J. J.; QIAN, W.; LEATHERDALE, S. T.; FAULKNER, G. Longitudinal trends and predictors of muscle-strengthening activity guideline adherence among Canadian youths. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 25, n. 3, p. 230-234, 2022.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, v. 1, p. 307-310, 1986.

BRENT, J. L.; MYER, G. D.; FORD, K. R.; PATERNO, M. V.; HEWETT, T. E. The effect of sex and age on isokinetic hip-abduction torques. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 22, n. 1, p. 41-46, 2013.

BULL, F. C.; AL-ANSARI, S. S.; BIDDLE, S. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020.

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*, v. 100, n. 2, p. 126, 1985.

CHARLIER, R.; KNAEPS, S.; MERTENS, E.; VAN ROIE, E.; DELECLUSE, C.; LEFEVRE, J.; THOMIS, M. Age-related decline in muscle mass and muscle function in Flemish Caucasians: a 10-year follow-up. *Age*, v. 38, p. 1-15, 2016.

CLARK, B. C.; MANINI, T. M. Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v. 63, p. 829–834, 2008.

DE LUCA CANTO, G.; PORPORATTI, A.; MENDES DE SOUZA, B. D.; MASSIGNAN, C.; FLORES-MIR, C.; CASETT, E. **Revisões sistemáticas da literatura: guia prático**. Curitiba: Brazil Publishing, 2020.

DE STE CROIX, M.; ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R.; SHARPE, P. Longitudinal changes in isokinetic leg strength in 10-14-year-olds. *Annals of Human Biology*, v. 29, n. 1, p. 50-62, 2002.

DE STE CROIX, M.; DEIGHAN, M. A.; ARMSTRONG, N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Medicine*, v. 33, p. 727-743, 2003.

DESROSIERS, J.; BRAVO, G.; HÉBERT, R. Isometric grip endurance of healthy elderly men and women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 24, p. 75-85, 1997.

DESROSIERS, J.; HÉBERT, R.; BRAVO, G.; ROCHETTE, A. Age-related changes in upper extremity performance of elderly people: a longitudinal study. *Experimental Gerontology*, v. 34, p. 393-405, 1999.

DO AMARAL BENFICA, P.; AGUIAR, L. T.; DE BRITO, S. A. F.; BERNARDINO, L. H. N.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; DE MORAIS FARIA, C. D. C. Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 22, n. 5, p. 355-369, 2018.

DO AMARAL BENFICA, P.; BRITO, S. A. F. de; CARMOGO, L. B.; ESTARLINO, L. D.; DOS REIS, M. T. F.; MELLO SANTANA, M. de; MORAIAS FARIAS, C. D. C. de. Predictors of muscle strength assessed with the modified sphygmomanometer test. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, v. 38, p. 425-436, 2024.

DUARTE, J. P.; VALENTE-DOS-SANTOS, J.; COSTA, D.; COELHO-E-SILVA, M. J.; DEPREZ, D.; PHILIPPAERTS, R. et al. Multilevel modelling of longitudinal changes in isokinetic knee extensor and flexor strength in adolescent soccer players. *Annals of Human Biology*, v. 45, n. 5, p. 453-456, 2018.

EVELETH, P. H.; TANNER, J. M. *Worldwide Variation in Human Growth*. 2. ed. **Cambridge: Cambridge University Press**, 1990.

FAIGENBAUM, A. D.; BRUNO, L. E. A fundamental approach for treating pediatric dynapenia in kids. *ACSM's Health & Fitness Journal*, v. 21, n. 4, p. 18-24, 2017.

FAIGENBAUM, A. D.; MACDONALD, J. P.; STRACCIOLINI, A.; REBULLIDO, T. R. Making a strong case for prioritizing muscular fitness in youth physical activity guidelines. *Current Sports Medicine Reports*, v. 19, n. 12, p. 530-536, 2020.

FAIGENBAUM, A. D.; REBULLIDO, T. R.; PEÑA, J.; CHULVI-MEDRANO, I. Resistance exercise for the prevention and treatment of pediatric dynapenia. *Journal of Science in Sport and Exercise*, v. 1, n. 3, p. 208-216, 2019.

FAUL, F. et al. G \* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behaviour Research Methods*, v. 39, n. 2, p. 175–191, 2007.

FERREIRA, A. C. D. C.; SHIMANO, A. C.; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H.; ELUI, V. M. C.; FONSECA, M. D. C. R. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos saudáveis entre 6 e 19 anos. *Acta Ortopédica Brasileira*, v. 19, p. 92-97, 2011.

FRASER, B. J.; BLIZZARD, L.; BUSCOT, M. J. et al. Muscular strength across the life course: the tracking and trajectory patterns of muscular strength between childhood and mid-adulthood in an Australian cohort. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 24, n. 7, p. 696–701, 2021.

FRASER, B. J.; BLIZZARD, L.; CLELAND, V.; BUSCOT, M. J.; DWYER, T.; SCHMIDT, M. D.; VENN, A. J. Childhood factors associated with muscular strength trajectories between childhood and mid-adulthood. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 54, n. 11, 2022.

FREDERIKSEN, H.; HJELMBORG, J.; JAKOB MORTENSEN; MCGUE, M.; VAUPEL, J. W.; CHRISTENSEN, K. Age trajectories of grip strength: Cross-sectional and longitudinal data among 8,342 Danes aged 46 to 102. *Annals of epidemiology*, v.16, n.7, p. 554-562, 2006.

FREEDSON, P. S.; MELANSON, E.; SIRARD, J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. Accelerometer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 29, n. 5, p. 777-781, 1997.

GOMES, T. N.; DOS SANTOS, F. K.; KATZMARZYK, P. T.; MAIA, J. Active and strong: physical activity, muscular strength, and metabolic risk in children. **American Journal of Human Biology**, v. 29, n. 1, 2017.

GÓMEZ-CAMPOS, R.; VIDAL ESPINOZA, R.; DE ARRUDA, M.; RONQUE, E. R. V.; URRÁ-ALBORNÓZ, C.; MINANGO, J. C.; et al. Relationship between age and handgrip strength: proposal of reference values from infancy to senescence. **Frontiers in Public Health**, v. 10, n. 1072684, 2023.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Ed.). Anthropometric standardization reference manual. **Champaign: Human Kinetics Books**, p. 3-8, 1988.

GUEDES, D. P. *Manual Prático para Avaliação em Educação Física*. Barueri: Manole, 2006.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. P. Proposição de equações para predição da quantidade de gordura corporal em adultos jovens. **Semina – Revista Cultural e Científica da Universidade Estadual de Londrina**, v. 12, p. 61-70, 1991.

HARRISON, G. C. et al. Skinfold thickness and measurement technique. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.). *Anthropometric standardization reference manual*. **Champaign: Human Kinetics**, p. 55-80, 1988.

HOLM, I.; STEEN, H.; OLSTAD, M. Isokinetic muscle performance in growing boys from pre-teen to maturity: an eleven-year longitudinal study. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 13, n. 2, p. 153-158, 2005.

JONES, B. L.; NAGIN, D. S. **A Stata plugin for estimating group-based trajectory models**. 2012. Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/fc51/d4ff61909fa893edbf6ee5da32ac48fdc430.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2024.

KANEHISA, H.; YATA, H.; IKEGAWA, S.; FUKUNAGA, T. A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscles during growth. ***European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology***, v. 72, p. 150-156, 1995.

LANDI, F.; CALVANI, R.; TOSATO, M.; MARTONE, A. M.; FUSCO, D.; SISTO, A. et al. Age-related variations of muscle mass, strength, and physical performance in community-dwellers: results from the Milan EXPO survey. ***Journal of the American Medical Directors Association***, v. 18, p. 88.e17–e24, 2017.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; GÖTZSCHE, P. C.; IOANNIDIS, J. P. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. ***Annals of Internal Medicine***, v. 151, n. 4, p. W-65, 2009.

LLOYD, R. et al. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. ***British Journal of Sports Medicine***, v. 48, n. 7, p. 498-505, 2014.

LOPEZ-GONZALEZ, D.; WELLS, J. C.; CORTINA-BORJA, M.; FEWTRELL, M.; PARTIDA-GAYTÁN, A.; CLARK, P. Reference values for bone mineral density in healthy Mexican children and adolescents. ***Bone***, v. 142, p. 115734, 2021.

MALINA, R. M. Physical activity and fitness: pathways from childhood to adulthood. ***American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association***, v. 13, n. 2, p. 162-172, 2001.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. ***Crescimento, Maturação e Atividade Física***. São Paulo: Phorte, 2009.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. *Growth, Maturation, and Physical Activity*. ***Human Kinetics***, 2004.

MALINA, R. M.; HAMILL, P. V. V.; LEMESHOW, S. Select body measurement of children 6-11 years. U.S. Vital and Health Statistics. Series 11, Number 123. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1973.

MARZETTI, E.; HWANG, A. C.; TOSATO, M.; PENG, L. N.; CALVANI, R.; PICCA, A. et al. Age-related changes of skeletal muscle mass and strength among Italian and Taiwanese older people: results from the Milan EXPO 2015 survey and the I-Lan Longitudinal Aging Study. *Experimental Gerontology*, v. 102, p. 76–80, 2018.

MEYLAN, C. M.; NOSAKA, K.; GREEN, J.; CRONIN, J. B. Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of sports sciences*, v. 28, n. 5, p. 545-554, 2010.

MOORE, S. A. et al. Enhancing a somatic maturity prediction model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 47, n. 8, p. 1755–1764, 2015.

NAHHAS, R. W.; CHOH, A. C.; LEE, M.; CHUMLEA, W. M. C.; DUREN, D. L.; SIERVOGEL, R. M.; CZERWINSKI, S. A. Bayesian longitudinal plateau model of adult grip strength. *American Journal of Human Biology*, v. 22, n. 5, p. 648-656, 2010.

NUZZO, J. L. Narrative review of sex differences in muscle strength, endurance, activation, size, fiber type, and strength training participation rates, preferences, motivations, injuries, and neuromuscular adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 37, n. 2, p. 494-536, 2023.

NYLUND, K. L.; ASPAROUHOV, T.; MUTHÉN, B. O. Deciding on the number of classes in latent class analysis and growth mixture modelling: a Monte Carlo simulation study. *Structural Equation Modeling*, v. 14, n. 4, p. 535-569, 2007.

OLIVEIRA, A. B. D.; KATZMARZYK, P. T.; DANTAS, W. S.; BENSEÑOR, I. J. M.; GOULART, A. D. C.; EKELUND, U. Perfil de atividade física no tempo livre e tempo sedentário em adultos no Brasil: inquérito nacional, 2019. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 32, 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Relatório sobre o ponto de situação global da atividade física 2022: sumário executivo**. Direção-Geral da Saúde, 2022. Disponível em: <<https://iris.who.int/handle/10665/365405>>. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

ORSSO, C. E.; TIBAES, J. R.; OLIVEIRA, C. L.; RUBIN, D. A.; FIELD, C. J.; HEYMSFIELD, S. B. et al. Low muscle mass and strength in pediatrics patients: Why should we care? **Clinical Nutrition**, v. 38, n. 5, p. 2002-2015, 2019.

ORTEGA, F. B.; RUIZ, J. R.; CASTILLO, M. J.; SJOSTROM, M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. **International Journal of Obesity (Lond)**, v. 32, n. 1, p. 1–11, 2008.

PEDERSON, D.; GORE, C. Erros de medição em antropometria. In: NORTON, K.; OLDS, T. (Eds.). *Antropométrica*. Porto Alegre: Artmed, p. 71-86, 2005.

PEEK, K.; FORD, K. R.; MYER, G. D.; HEWETT, T. E.; PAPPAS, E. Effect of sex and maturation on knee extensor and flexor strength in adolescent athletes. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 12, p. 3280-3285, 2022.

PERNA, F. M.; COA, K.; TROIANO, R. P.; LAWMAN, H. G.; WANG, C. Y.; LI, Y.; KRAEMER, W. J. Muscular grip strength estimates of the US population from the national health and nutrition examination survey 2011–2012. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 3, p. 867-874, 2016.

RAMÍREZ-VÉLEZ, R.; RINCÓN-PABÓN, D.; CORREA-BAUTISTA, J. E.; GARCÍA-HERMOSO, A.; IZQUIERDO, M. Força de preensão manual: valores de referência normativos em homens e mulheres de 6 a 64 anos em uma população colombiana. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 44, p. 379–386, 2021.

RASSO, V.; CASSILHAS, R. C.; SANTANA, M. G. D.; BOSCOLLO, R. A.; VIANA, V. A. R.; GRASSMANN, V.; et al. Preditores de força muscular em idosos. **MedicalExpress**, v. 3, p. M160309, 2016.

RONQUE, E. R.; WERNECK, A. O.; BUENO, M. R.; CYRINO, E. S.; STANGANELLI, L. C.; ARRUDA, M. Tracking of body adiposity indicators from childhood to adolescence: mediation by BMI. **PLoS One**, v. 13, n. 2, e0191908, 2018.

ROSS, W. D.; MARFELL-JONES, M. J. Kinanthropometry. In: MACDOUGALL, J. D.; WENGER, H. A.; GREEN, H. S. *Physiological Testing of the Elite Athlete*. Ithaca, **New York: Movement Publications, Inc.**, 1982.

SAYER, A. A.; SYDDALL, H.; MARTIN, H.; PATEL, H.; BAYLIS, D.; COOPER, C. The developmental origins of sarcopenia. **The Journal of Nutrition, Health and Aging**, v. 12, n. 7, p. 427-432, 2008.

SCHOENELL, M. C. W.; TIGGE, C. L.; CADORE, E. L.; TARTARUGA, M. P.; KRUEL, L. F. M. Correlação e reprodutibilidade de testes abdominais em mulheres jovens. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 35, n. 3, p. 561-574, 2013.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R.; HORSWILL, C.; STILLMAN, R. J.; VAN LOAN, M. D.; BEMBEN, D. A. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, v. 60, p. 709-723, 1988.

SMITH, J. J.; EATHER, N.; MORGAN, P. J.; PLOTNIKOFF, R. C.; FAIGENBAUM, A. D.; LUBANS, D. R. The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 44, n. 9, p. 1209-1223, 2014.

SMITH, J. J.; EATHER, N.; WEAVER, R. G.; RILEY, N.; BEETS, M. W.; LUBANS, D. R. Behavioral correlates of muscular fitness in children and adolescents: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 49, p. 887-904, 2019.

SOARES, J.; SESSA, M. Medidas de força muscular. In: MATSUDO, V. K. R. (editor). *Testes em Ciências do Esporte*. São Caetano do Sul: Celafiscs, 2001.

SUNNEGÅRDH, J.; BRATTEBY, L. E.; NORDESJÖ, L. O.; NORDGREN, B. Isometric and isokinetic muscle strength, anthropometry and physical activity in 8 and 13 year old Swedish children. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 58, p. 291-297, 1988.

TVETER, A. T.; HOLM, I. Influence of thigh muscle strength and balance on hop length in one-legged hopping in children aged 7–12 years. *Gait & Posture*, v. 32, n. 2, p. 259-262, 2010.

VON ELM, E.; ALTMAN, D. G.; EGGER, M.; POCOCK, S. J.; GÖTZSCHE, P. C.; VANDENBROUCKE, J. P. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *The Lancet*, v. 370, n. 9596, p. 1453-1457, 2007.

WALSTON, J. D. Sarcopenia in older adults. *Current Opinion in Rheumatology*, v. 24, n. 6, p. 623-627, 2012.

WOOD, L. E.; DIXON, S.; GRANT, C.; ARMSTRONG, N. Isokinetic elbow torque development in children. *International Journal of Sports Medicine*, v. 28, n. 6, p. 466-470, 2007.

ZENIĆ, N.; FORETIĆ, N.; BLAŽEVIĆ, M. Nonlinear relationships between anthropometric and physical fitness variables in untrained pubescent boys. *Collegium Antropologicum*, v. 37, n. 2, p. 153-159, 2013.

ZWOLSKI, C.; QUATMAN-YATES, C.; PATERNO, M. V. Resistance training in youth: laying the foundation for injury prevention and physical literacy. *Sports Health*, v. 9, n. 5, p. 436-443, 2017.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa:

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

*“Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta-um estudo longitudinal”.*

Prezado (a) Senhor (a):

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar da pesquisa “Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e indicadores de saúde óssea na idade adulta: interação com trajetórias da atividade física na idade adulta” e “Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta-um estudo longitudinal”. O objetivo da pesquisa é “Analisar a relação entre os indicadores da aptidão física e a prática esportiva no período da infância e adolescência com indicadores de saúde óssea na idade adulta, e o efeito de mediação de trajetórias da atividade física e dos indicadores da adiposidade corporal do adulto” e “Analisar a relação entre as trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta e o possível efeito de mediação da aptidão cardiorrespiratória, atividade física e o comportamento sedentário atual”. Sua participação é muito importante e gostaríamos de informar que todas as avaliações serão realizadas na Universidade Estadual de Londrina com a permissão/supervisão dos pesquisadores. A assinatura deste termo incluirá sua participação nas seguintes atividades: (1) Preenchimento de questionários sobre prática de atividades físicas, comportamento sedentário, hábitos alimentares, consumo de bebidas alcoólicas, tabaco e drogas ilícitas, horas de sono e informações sociodemográficas (estado civil, número de filhos, constituição da moradia, peso de nascimento, peso e estatura dos pais); (2) Medidas antropométricas de peso, estatura, circunferência de cintura, dobras cutâneas; (3) Teste motores para determinação da aptidão física: teste de sentar e alcançar; teste de resistência/força abdominal; teste de salto horizontal; teste de preensão manual; Teste laboratorial de força muscular no dinamômetro isocinético; Teste em ergoespirometro e teste de corrida (shuttle run 20 metros) (4) Utilização de um sensor de movimento durante sete dias e responder o aplicativo no aparelho celular. (5) Testes cognitivos em computador (Stroop test e Blocos de Corsi); (6) Avaliação da densidade mineral óssea será obtida por um método avançado de Raio-X, chamado DXA, e da Ressonância Magnética Estrutural do crânio, realizados em um equipamento específico em uma clínica especializada.

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

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

Gostaríamos de esclarecer que a participação é totalmente voluntária. O participante pode recusar-se a participar/desistir a qualquer momento sem sofrer nenhum prejuízo. As

informações serão utilizadas para fins dessa pesquisa e para pesquisas posteriores e todos os documentos e amostras utilizados serão identificados por um código numérico sem identificação do nome pessoal para preservar a identidade do participante. Lembramos que não será cobrada taxa alguma por estas avaliações. Da mesma forma, nenhuma quantia será paga aos participantes. Garantimos ainda, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa. Assim, o ressarcimento das despesas de deslocamento fica garantida a todos os participantes da pesquisa.

Ao final do estudo comprometemo-nos a retornar com os resultados de todas as avaliações, que serão entregues aos participantes. Diversos benefícios são esperados com a conclusão dessa pesquisa, tais como detecção dos participantes que atendem as recomendações de atividade física moderada a vigorosa; se possuem tempo em comportamento sedentário acima do recomendado pelas Organizações de Saúde, se os hábitos alimentares e horas de sono/saúde estão de acordo com as recomendações e se há participantes com excesso de peso corporal e com valores inadequados da densidade óssea, além disso, espera-se observar o impacto da aptidão cardiorrespiratória ao longo dos anos nos indicadores cognitivos. Os possíveis riscos estão associados a possíveis desconfortos durante a coleta, como a possibilidade de cansaço físico durante os testes de corrida a serem realizados. Caso ocorra alguma intercorrência durante o teste, como por exemplo, o participante sofrer uma queda, fadiga muscular excessiva ou ocorrer uma contusão óssea ou muscular nos membros inferiores será solicitado o serviço de emergência, da empresa Saúde Mais, para o atendimento do participante, se necessário. Em relação aos exames do DXA e da Ressonância Magnética, os procedimentos tem a duração de 20 a 30 minutos cada, os exames são indolor e o risco dos exames é mínimo. A taxa de radiação efetiva durante o procedimento é baixa, equivalente a um exame de raio X ou dois dias de exposição natural no meio ambiente.

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

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

Londrina, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

### **Pesquisador Responsável**

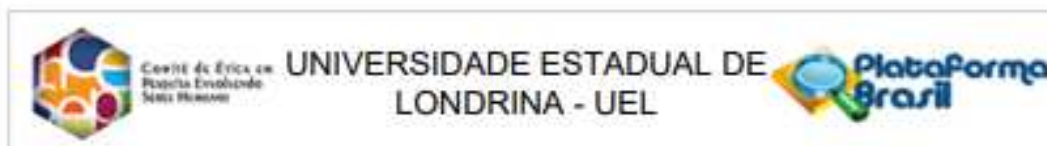
RG: \_\_\_\_\_

Eu **NOME COMPLETO** tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

## APENDICE B – COMITE DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS.



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na fase adulta: um estudo longitudinal.

**Pesquisador:** Enio Ricardo Vaz Ronque

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 59188122.6.0000.5231

**Instituição Proponente:** CEFE - Departamento de Educação Física

**Patrocinador Principal:** CONS NAC DE DESENVOLVIMENTO CIENTIFICO E TECNOLÓGICO

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.516.440

#### Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa intitulado "Trajetórias da aptidão cardiorrespiratória na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na fase adulta: um estudo longitudinal", sob responsabilidade do pesquisador Enio Ricardo Vaz Ronque, vinculado ao Departamento de Educação Física do CEFE - UEL. Objetivo: Analisar a relação entre as trajetórias da aptidão cardiorrespiratória (ACR) na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta, e o possível efeito de mediação da ACR, atividade física (AF) e comportamento sedentário (CS) atual (adulto – fase III).

Métodos: O estudo faz parte do banco de dados do projeto intitulado "Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e fatores de risco biológicos e comportamentais em adultos: um estudo longitudinal de 15 anos", com delineamento longitudinal, teve sua fase I no ano de 2002, com seguimento até 2006, e a fase II das coletas foi em 2016. Para a fase III, cerca de 150 adultos que participaram das fases I e II, de ambos os sexos, com idade entre 26 e 31 anos serão recrutados.

O estudo faz parte do banco de dados do projeto intitulado "Aptidão física e prática de esportes na infância e adolescência e fatores de risco biológicos e comportamentais em adultos: um estudo longitudinal de 15 anos", com delineamento longitudinal, teve sua primeira fase no ano de 2002, com seguimento até 2006, e a segunda fase das coletas foi em 2016. Para a terceira fase, cerca de 150 adultos jovens, que participaram das fases I e II, de ambos os sexos, com idade entre 26 e 31

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br



Centro de Estudos em  
Psiquiatria Evolutiva  
Sociedade Humana

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 5.518.440

anos serão recrutados. Medidas antropométricas de massa corporal, estatura, circunferência de cintura serão obtidas e o índice de massa corporal (IMC) será calculado. Uma bateria de testes motores será aplicada: teste de sentar-e-alcançar; teste de resistência/força abdominal; teste de salto horizontal; teste de preensão manual; teste de corrida vai e vem de 20 metros.

Medidas laboratoriais com dinamômetro isocinético para avaliar a força muscular e a composição corporal e a densidade mineral óssea será obtida pelo DXA, além da atividade física e o comportamento sedentário que serão estimadas pelo método de acelerometria e a prática de esportes e informações sociodemográficas serão levantadas por meio de questionários. Ademais, nessa terceira etapa, além das medidas citadas acima, serão obtidas informações referentes a função cognitiva (testes cognitivos), a morfologia cerebral (ressonância magnética estrutural), coleta sanguínea para o Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF), teste direto consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx) (espirometria de circuito aberto) e questionários para indicadores de saúde mental.

Resultados esperados: Espera-se que o estudo auxilie na compreensão das variáveis estudadas com as funções cognitivas em adultos, além de contribuir para que medidas intervencionistas que possam orientar de maneira adequada a promoção da saúde cognitiva e prevenir o desenvolvimento de doenças degenerativas na população e incentivar ações primárias de saúde e minimizar gastos públicos com doenças.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo geral da pesquisa é analisar a relação entre as trajetórias da aptidão cardiorrespiratória (ACR) na infância e na adolescência com indicadores de função cognitiva na idade adulta, e o possível efeito da mediação da ACR, atividade física (AF) e comportamento sedentário (CS) atual (adulto – fase III).

Como objetivos secundários pretende-se:

- Verificar os preditores das funções cognitivas (controle inibitório, memória de trabalho), dos níveis plasmáticos do BDNF e morfologia cerebral em adultos a partir dos indicadores da ACR, força muscular e composição corporal na infância e adolescência;
- Identificar a relação entre as trajetórias da ACR entre a infância e idade adulta com as funções cognitivas (controle inibitório, memória de trabalho), níveis de BDNF e morfologia cerebral na idade adulta e analisar os efeitos da mediação do VO<sub>2</sub>máx e força muscular atual (no adulto - Fase III);
- Relacionar a prática de esportes (PE) na infância e adolescência com as funções cognitivas.

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-070

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br)



Centro de Ética em  
Pesquisa Avaliada  
State Research

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 5.510.440

(controle inibitório, memória de trabalho), níveis de BDNF e morfologia cerebral na idade adulta e analisar os efeitos da mediação da AF e do CS atual;

- Verificar o tracking da ACR e PE no período da infância e da adolescência e sua relação com as funções cognitivas, níveis de BDNF e morfologia cerebral no adulto;
- Analisar as relações transversais entre aptidão física (cardiorrespiratória e força muscular), AF, CS, sono e indicadores da composição corporal com as funções cognitivas (controle inibitório, memória de trabalho), níveis de BDNF, morfologia cerebral e saúde mental em adultos.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O pesquisador relatou que os possíveis riscos estão associados a possíveis desconfortos durante a coleta, como a possibilidade de cansaço físico durante os testes de corrida a serem realizados. Caso ocorra alguma intercorrência durante o teste, como por exemplo, o participante sofrer uma queda, fadiga muscular excessiva ou ocorrer uma contusão óssea ou muscular nos membros inferiores será solicitado o serviço de emergência para o atendimento do participante, se necessário. Em relação ao exame do DXA, o procedimento tem a duração de 20 a 30 minutos, o exame é indolor e o risco do exame é mínimo. A taxa de radiação efetiva durante o procedimento é baixa (~ de 1Sv a 10Sv), equivalente a um exame de raio X ou dois dias de exposição natural no meio ambiente. Quanto a ressonância magnética a duração do exame é por volta de 8 minutos, indolor e o risco é mínimo desde que seguidas as contraindicações relatadas. Vale ressaltar que a coleta de sangue será realizada por profissional habilitado, conforme as normas vigentes para tal procedimento.

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

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto conta com um orçamento estimado em R\$49.500,00 que serão gastos com Transporte sujeitos para UEL (R\$ 8.000,00), exame DXA (R\$ 10.500,00), Kit para testes sanguíneos (BDNF) (R\$ 3.000,00) e Ressonância Magnética (R\$ 30.000,00). Os recursos como já informados são provenientes do projeto aprovado no edital CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021.

O cronograma da pesquisa está adequado e a previsão de coleta de dados está prevista para o

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**UF:** PR

**Município:** LONDRINA

**CEP:** 86.057-970

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Evolui  
seus membros

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 5.518.440

período de 01/03/2023 a 31/10/2023.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O pesquisador apresentou os seguintes termos de apresentação obrigatória:

- Termo de sigilo e confidencialidade devidamente preenchido e assinado.
- Folha de rosto devidamente preenchida e assinada pela vice-chefa de departamento.
- Declaração do professor participante da pesquisa, coordenador do Laboratório de Bioquímica do Exercício-UEL, se responsabilizando pelas análises laboratoriais, interpretação dos dados e correta destinação das amostras biológicas.
- TCLE adequado, em linguagem clara e acessível, em forma de convite aos participantes, contendo todos os itens necessários, muito bem explicado e detalhado aos participantes.
- Documento relatando a fonte dos recursos para realização dos exames de absorptometria radiológica de dupla energia (DXA), ressonância magnética, aquisição de materiais (Kits) para exames sanguíneos e transportes, os quais serão provenientes dos recursos aprovados no edital CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 (Processo: 409041/2021-1), no valor global de R\$114.851,03 (capital: R\$ 39.750,84; custeio: R\$ 42.100,19; Bolsas: R\$ 33.000,00).
- Declaração do técnico de laboratório de análise clínica, se responsabilizando pelas coletas de sangue periférico.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

A pesquisa é relevante, está muito bem elaborada e é muito importante, o pesquisador apresentou CARTA RESPOSTA, com os esclarecimentos às pendências abaixo listadas:

1. Dentro do campo riscos na plataforma e no TCLE é necessário informar qual será o serviço de emergência que será chamado para o atendimento do participante caso necessário, tendo em vista que a CONEP prevê que os projetos de pesquisa não devem/podem onerar o SUS.

PARECER: atendido

Pesquisador informou que UM SERVIÇO DE EMERGÊNCIA PRIVADA PARA O ATENDIMENTO DO PARTICIPANTE, SE NECESSÁRIO, EM QUE OS CUSTOS SERÃO DE RESPONSABILIDADE DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL COM RECURSOS PROVENIENTES DO FINANCIAMENTO DO PROJETO. A alteração foi realizada nos seguintes documentos: a) formulário de informações básicas da Plataforma Brasil (campo riscos); b) Projeto detalhado (no item Benefícios e eventuais desconfortos e riscos na página 16, 2º parágrafo); c) TCLE (página 2, 3º parágrafo, linha 13).

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Telefone: (43)3371-5455

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-070

E-mail: cep258@uel.br



Comitê de Ética em  
Pesquisas Envolvendo  
Serres Humanos

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 5.510.440

2. O pesquisador deve ainda deixar claro na plataforma e principalmente no TCLE que caso ocorram quaisquer riscos com os participantes da pesquisa, os mesmos serão amparados pelo pesquisador responsável pelo projeto.

**PARECER:** atendido

Pesquisador informou que **QUALQUER PARTICIPANTE QUE TIVER ALGUMA INTERCORRÊNCIA DURANTE AS COLETAS DE DADOS SERÁ AMPARADO PELO PESQUISADOR RESPONSÁVEL, INCLUSIVE COM OS CUSTOS DO SERVIÇO DE EMERGÊNCIA SOLICITADO, CASO NECESSÁRIO.** A alteração foi realizada nos seguintes documentos: a) formulário de informações básicas da Plataforma Brasil (campo riscos); b) Projeto detalhado (no item Benefícios e eventuais desconfortos e riscos na página 16, último parágrafo); c) TCLE (página 3, 1º parágrafo).

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Prezado(a) Pesquisador(a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade apresentá-lo aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Ressaltamos, para início da pesquisa, as seguintes atribuições do pesquisador, conforme Resolução CNS 466/2012 e 510/2016:

A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe:

- conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido;
- apresentar dados solicitados pelo sistema CEP/CONEP a qualquer momento;
- desenvolver o projeto conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção;
- elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;
- encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores e pessoal técnico integrante do projeto;
- justificar fundamentadamente, perante o sistema CEP/CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**CEP:** 86.057-970

**UF:** PR **Município:** LONDRINA

**Telefone:** (43)3371-5455

**E-mail:** cep268@uel.br



Centro de Ética em  
Pesquisa Universidade  
Estadual de Londrina

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 5.516.440

Coordenação CEP/UEL

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1955031.pdf	22/06/2022 17:08:11		Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.pdf	22/06/2022 16:53:19	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_2022_Corrigido.pdf	22/06/2022 16:51:54	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Cognicao_ACR_Corrigido.pdf	22/06/2022 16:51:30	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Outros	Declaracao_Tecnico_HU_2022.pdf	31/05/2022 16:32:56	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_Rafael_Deminice_2022.pdf	31/05/2022 16:20:40	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_Confidencialidade_Sigilo_2022.pdf	31/05/2022 16:16:12	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_concordancia_2022.pdf	31/05/2022 16:13:34	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Declaracao_banco_Biologico_2022.pdf	31/05/2022 16:08:48	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_2022.pdf	31/05/2022 15:53:39	Enio Ricardo Vaz Ronque	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

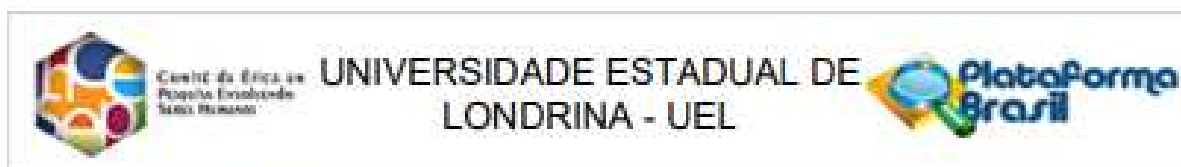
UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 5.516.440

LONDRINA, 08 de Julho de 2022

---

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

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**UF:** PR

**Telefone:** (43)3371-5455

**CEP:** 86.057-970

**Município:** LONDRINA

**E-mail:** cep268@uel.br

**APÊNDICE C – DIFERENÇAS ENTRE OS GRUPOS DE TRAJETÓRIAS AO  
LONGO DO TEMPO.**

**Tabela 4.6** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na infância para o teste de prensão manual.

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	22,95	0,74	21,50 – 24,40
	2	29,61	0,52	28,59 – 30,63
	3	38,33	1,30	35,78 – 40,89
2	1	24,87	0,46	23,97 – 25,77
	2	33,21	0,47	32,28 – 34,13
	3	43,75	1,33	41,14 – 46,36
3	1	30,32	0,42	29,49 – 31,15
	2	38,23	0,50	37,25 – 39,20
	3	50,42	1,44	47,59 – 53,24
4	1	33,06	0,53	32,02 – 34,09
	2	42,25	0,49	41,29 – 43,22
	3	56,25	1,99	52,33 – 60,17

Nota: Valores em kgf. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e PVC.

**Tabela 4.7** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na adolescência para o teste de prensão manual.

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	45,66	0,60	44,49 – 46,83
	2	34,78	0,57	33,67 – 35,89
	3	52,42	1,08	50,31 – 54,54
2	1	51,10	0,63	49,86 – 52,35
	2	39,93	0,73	38,50 – 41,36
	3	62,60	1,39	59,88 – 65,32
3	1	61,73	0,67	60,42 – 63,05
	2	47,67	0,74	46,22 – 49,13
	3	80,82	1,87	77,16 – 84,48
4	1	72,07	1,44	69,26 – 74,88
	2	56,97	1,16	54,70 – 59,25
	3	100,00	1,83	96,41 – 103,59

Nota: Valores em kgf. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e PVC.

**Tabela 4.8** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na fase adulta para o teste de prensão manual.

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	57,47	1,83	53,89 – 61,05
	2	98,82	2,96	93,00 – 104,63
2	1	57,75	2,10	53,63 – 61,87
	2	95,56	3,61	88,49 – 102,63

Nota: Valores em kgf. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e atividade física total.

**Tabela 4.9** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na infância para o teste abdominal.

Tempo	Grupo de trajetórias	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	14,14	2,52	9,21 – 19,08
	2	23,86	0,81	22,27 – 25,45
	3	34,68	1,11	32,51 – 36,85
2	1	15,71	1,49	12,79 – 18,63
	2	27,22	0,45	26,33 – 28,11
	3	36,90	0,73	35,47 – 38,34
3	1	18,42	1,45	15,57 – 21,26
	2	30,31	0,51	29,32 – 31,31
	3	38,56	0,61	37,37 – 39,75
4	1	20,09	1,15	17,84 – 22,34
	2	32,21	0,42	31,38 – 33,04
	3	39,88	0,71	38,49 – 41,27

Nota: Valores em repetições (rep). Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e PVC.

**Tabela 5** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na adolescência para o teste abdominal.

Tempo	Grupo de trajetórias	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	25,49	0,73	24,06 – 26,92
	2	26,67	0,89	24,92 – 28,41
	3	26,90	0,71	25,51 – 28,30
2	1	27,87	1,04	25,84 – 29,90
	2	36,78	0,64	35,54 – 38,03
	3	35,90	0,58	34,75 – 37,05
3	1	36,45	0,62	35,23 – 37,68
	2	38,21	0,74	36,76 – 39,67
	3	43,40	0,74	41,94 – 44,86
4	1	43,63	0,81	42,05 – 45,22
	2	45,98	0,86	44,29 – 47,66
	3	48,74	0,99	46,79 – 50,69

Nota: Valores em repetições (rep). Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e PVC.

**Tabela 5.1** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na fase adulta para o teste abdominal.

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	29,83	1,82	26,26 – 33,40
	2	42,50	0,85	40,83 – 44,17
	3	55,80	1,46	52,94 – 58,66
2	1	24,42	1,41	21,66 – 27,17
	2	38,20	0,88	36,48 – 39,92
	3	52,14	1,11	49,98 – 54,31

Nota: Valores em kgf. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e atividade física total.

**Tabela 5.2** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na infância para o teste de impulsão horizontal

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	91,33	4,42	82,66 – 100,00
	2	112,98	1,45	110,14 – 115,83
	3	129,47	2,05	125,46 – 133,49
2	1	99,62	2,66	94,41 – 104,83
	2	118,12	1,08	115,99 – 120,25
	3	136,62	1,51	133,65 – 139,58
3	1	105,29	2,15	101,06 – 109,51
	2	122,14	1,06	120,05 – 124,22
	3	144,76	1,13	142,55 – 146,96
4	1	104,68	1,80	101,16 – 108,21
	2	131,87	1,13	129,65 – 134,08
	3	155,99	1,59	152,86 – 159,11

Nota: Valores em cm. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e PVC.

**Tabela 5.3** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na adolescência para o teste de impulsão horizontal.

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	121,95	2,10	117,82 – 126,07
	2	146,45	1,43	143,65 – 149,25
	3	164,06	2,79	158,59 – 169,52
2	1	119,49	2,08	115,40 – 123,57
	2	144,69	1,33	142,07 – 147,30
	3	169,75	2,29	165,25 – 174,25
3	1	121,03	2,48	116,17 – 125,89
	2	149,79	2,01	145,84 – 153,74
	3	186,07	2,50	181,16 – 190,98
4	1	108,42	9,70	89,41 – 127,44
	2	162,09	2,55	157,07 – 167,10
	3	194,37	2,57	189,34 – 199,41

Nota: Valores em cm. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e PVC.

**Tabela 5.4** – Diferença entre os grupos de trajetórias e idades na fase adulta para o teste de impulsão horizontal.

Tempo	Grupo de trajetória	Média	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)
1	1	147,06	2,85	141,47 – 152,64
	2	188,45	5,06	178,53 – 198,38
	3	221,36	3,38	214,73 – 227,98
2	1	136,29	2,86	130,68 – 141,90
	2	173,78	2,93	168,04 – 179,52
	3	207,33	3,35	200,76 – 213,91

Nota: Valores em cm. Foram utilizadas as Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e a análise foi controlada pelo sexo, idade cronológica, IMC e atividade física total.

## APÊNDICE D – VALORES DOS TESTE MOTORES POR IDADE.

**Tabela 5.5** – Valores do teste abdominal por idade.

Variável/Idade	Observações	Média ± DP	Mínimo	Máximo
abdo_07	73	26,96 ± 7,95	11	46
abdo_08	204	28,29 ± 8,25	1	51
abdo_09	205	30,93 ± 8,07	2	55
abdo_10	178	32,48 ± 7,32	5	52
abdo_11	149	35,17 ± 8,54	16	54
abdo_12	152	34,89 ± 8,55	12	54
abdo_13	159	35,89 ± 8,94	14	59
abdo_14	92	38,72 ± 9,20	19	61
abdo_19	5	39,60 ± 6,73	30	48
abdo_20	8	37,00 ± 14,73	11	61
abdo_21	10	42,70 ± 7,04	30	51
abdo_22	5	43,60 ± 8,14	34	55
abdo_23	9	47,78 ± 9,64	31	59
abdo_24	20	46,35 ± 10,84	26	65
abdo_25	5	38,60 ± 6,58	31	49
abdo_26	6	42,33 ± 10,13	32	58
abdo_27	8	35,38 ± 13,08	17	57
abdo_28	8	39,63 ± 7,56	29	52
abdo_29	7	39,71 ± 13,19	22	55
abdo_30	22	40,86 ± 9,43	22	61
abdo_31	10	36,40 ± 9,19	22	47

**Tabela 5.6** – Valores do teste impulsão horizontal por idade.

Variável/Idade	Observações	Média $\pm$ DP	Mínimo	Máximo
ih_07	74	117,93 $\pm$ 16,60	72	150
ih_08	204	123,29 $\pm$ 17,35	73	190,5
ih_09	205	129,21 $\pm$ 17,27	83	170
ih_10	178	139,26 $\pm$ 20,33	83	196
ih_11	149	145,73 $\pm$ 19,45	93	196
ih_12	152	145,15 $\pm$ 21,13	79	204
ih_13	159	151,71 $\pm$ 27,59	12	221
ih_14	92	162,46 $\pm$ 29,93	81	230
ih_19	5	176,44 $\pm$ 31,01	137,1	205
ih_20	8	164,81 $\pm$ 31,40	145	223
ih_21	10	176,71 $\pm$ 33,24	132	225
ih_22	5	176,00 $\pm$ 36,76	137,5	218
ih_23	9	187,78 $\pm$ 29,16	148	234
ih_24	20	187,69 $\pm$ 39,58	120	246,5
ih_25	5	196,22 $\pm$ 48,73	143	246
ih_26	6	179,92 $\pm$ 33,09	136	226
ih_27	8	153,63 $\pm$ 25,48	126	205
ih_28	8	166,50 $\pm$ 22,13	141	206
ih_29	6	165,17 $\pm$ 39,90	120	210
ih_30	22	182,82 $\pm$ 34,05	126	234
ih_31	10	164,10 $\pm$ 34,55	100	213

**Tabela 5.7** – Valores do teste prensão manual por idade.

Variável/Idade	Observações	Média ± DP	Mínimo	Máximo
spm_07	74	28,61 ± 5,41	16	44
spm_08	204	30,68 ± 6,96	16	56
spm_09	205	35,93 ± 7,09	20	65
spm_10	178	39,21 ± 7,50	22	68
spm_11	149	42,89 ± 7,84	26	62
spm_12	152	48,64 ± 9,37	25	79
spm_13	159	59,18 ± 12,53	35	100
spm_14	92	70,58 ± 16,51	44	110
spm_19	5	74,20 ± 15,32	56	87
spm_20	8	72,75 ± 33,00	52	146
spm_21	10	69,00 ± 19,79	48	104
spm_22	5	72,20 ± 23,25	43	92
spm_23	12	86,08 ± 31,51	37	135
spm_24	21	79,31 ± 24,38	40	123
spm_25	5	78,20 ± 17,64	54	100
spm_26	6	85,33 ± 20,49	58	108
spm_27	9	64,22 ± 16,60	48	98
spm_28	8	70,88 ± 23,41	48	112
spm_29	7	65,71 ± 18,19	45	94
spm_30	24	83,46 ± 21,22	45	120
spm_31	10	68,00 ± 15,14	48	90