



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

VINÍCIUS MÜLLER REIS WEBER

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A APTIDÃO  
CARDIORRESPIRATÓRIA E A FUNÇÃO COGNITIVA  
DURANTE A ADOLESCÊNCIA:  
UM ESTUDO LONGITUDINAL**

---

Londrina  
2020

VINÍCIUS MÜLLER REIS WEBER

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A APTIDÃO  
CARDIORRESPIRATÓRIA E A FUNÇÃO COGNITIVA  
DURANTE A ADOLESCÊNCIA:  
UM ESTUDO LONGITUDINAL**

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 à obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque

Londrina  
2020

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

V785 Weber, Vinícius Müller Reis.  
Associação entre a aptidão cardiorrespiratória e a função cognitiva durante a adolescência: um estudo longitudinal / Vinícius Müller Reis Weber. - Londrina, 2020.  
84 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, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Aptidão Física - Tese. 2. Maturidade - Tese. 3. Função Executiva - Tese. 4. Controle Cognitivo - Tese. I. Ronque, Enio Ricardo Vaz. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796

VINÍCIUS MÜLLER REIS WEBER

**ASSOCIAÇÃO ENTRE A APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E A  
FUNÇÃO COGNITIVA DURANTE A ADOLESCÊNCIA:  
UM ESTUDO LONGITUDINAL**

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 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. Leandro Ricardo Altimari  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dra. Neiva Leite  
Universidade Federal do Paraná – UFPR

Londrina, 04 de fevereiro de 2020.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai, Glazito José Weber, a minha mãe, Marcia Müller Reis, a minha irmã, Marina Müller Reis Weber e aos meus amigos. Mesmo que muitas vezes eu estive afastado, eles nunca mediram esforços para me ajudar e apoiar em todas as minhas decisões.

Ao meu pai, que é exemplo de pessoa, sempre batalhou para dar o melhor para nós, nem nos momentos mais difíceis você se ausentou ou deixou de se preocupar conosco, você é um guerreiro. Se um dia eu me tornar um por cento da pessoa que você é, estarei totalmente realizado.

À minha mãe, que sempre cobrou para que eu fosse um aluno exemplar e mesmo depois de um dia exaustivo de trabalho estava pronta para ajudar nos estudos. Além de sempre se preocupar com a família, sempre buscando o melhor aos filhos, obrigado por ser tão amorosa.

À minha irmã, que demonstrou, nesses últimos anos um amadurecimento incrível, sinto orgulho da profissional que você se tornou. Receba essa dedicatória com extremo reconhecimento de admiração.

Aos meus amigos, André Kiihn, Gian Alezi e Maykon Henrique, cada um sabe como é importante na minha caminhada. Vocês são irmãos que a vida me deu, e independente da distância ou das circunstâncias, estaremos sempre juntos.

Ao meu amigo Luiz Augusto, muito do meu crescimento acadêmico devo a você, obrigado por todos os ensinamentos.

Aos professores Dr. Bruno Sergio Portela e Dr. Marcos Roberto Queiroga, que contribuíram a minha caminhada acadêmica durante a graduação.

Por fim, agradeço a Deus por me dar toda a sabedoria necessária para a conclusão desse trabalho e por me dar uma família e amigos tão especiais.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, pela paciência, e por me aceitar em seu grupo de pesquisa, mesmo sem me conhecer previamente. Agradeço pelos grandes ensinamentos que me promoveu durante o mestrado, o meu crescimento acadêmico foi em escala exponencial durante esses anos e devo muito disso ao senhor.

Aos professores doutores das bancas examinadoras de qualificação e defesa, Professores Dr. Leandro Ricardo Altimari e Dra. Neiva Leite, muito obrigada pelas contribuições.

Aos Prof. Dr. Marcelo Romanzini e Prof<sup>a</sup>. Dra. Catiana Romanzini em que muitas vezes abdicaram do seu tempo, para ensinar e ajudar em qualquer dúvida que eu possuísse, mesmo que não fosse das suas áreas de conhecimento.

As integrantes do Laboratório de Atividade Física e Saúde, muito obrigado pelos conhecimentos, troca de experiências e convivência diária: Camila Panchoni, Cynthia Barbosa, Maria Raquel e Mileny Freitas. Destaco um agradecimento especial para o nosso Clube do Bolinha: Julio Cesar da Costa, Leonardo Volpato, Luiz Fernando Ramos, Paulo Henrique Borges e Willian Sartorelli.

Minha gratidão por toda ajuda para a conclusão de trabalho, muitas vezes em horários inoportunos, ao meu amigo Daniel Zanardini e a Lidyane Zambrin.

À Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade de realizar o mestrado nessa instituição de renome tão grandioso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro recebido durante os dois anos.

Aos voluntários do estudo, pois sem eles nada disso teria sido possível, vocês foram fundamentais.

*“Seja dedicado, ame o que faz, construa um caráter  
e ajude os demais”*

WEBER, Vinícius Müller Reis. **Associação entre a aptidão cardiorrespiratória e a função cognitiva durante a adolescência**: um estudo longitudinal. 2020. 84 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar a relação entre aptidão cardiorrespiratória (ACR) e as funções de controle cognitivo durante a adolescência em escolares da rede pública de ensino do município de Londrina-PR. **Métodos:** Trata-se de um estudo observacional com delineamento longitudinal e intervalo entre o *baseline* e *follow-up* de aproximadamente três anos (2016 – 2019). Na primeira fase de coleta, foram avaliados escolares pertencentes aos sextos anos (11,7 anos), sendo 394 escolares com dados válidos para todas as variáveis coletadas: Aptidão cardiorrespiratória (*shuttle-run* 20m); medidas antropométricas (massa corporal, estatura, circunferência de cintura e dobras cutâneas); informações sociodemográficas; escolaridade dos pais. No *follow-up* foram coletados dados de 155 adolescentes e desses 134 apresentaram dados válidos, os participantes foram reavaliados em todas as variáveis do baseline, e foram inseridas variáveis para avaliação do controle cognitivo, *Stroop* teste e Blocos de Corsi. Adicionalmente o pico de velocidade de crescimento (PVC) foi calculado para a classificação da maturidade dos escolares. Foi realizada uma análise de *Tracking* e a concordância avaliada pelo índice *Kappa*, as comparações foram realizadas por meio de Equações de Estimativas Generalizadas e as relações foram analisadas pela Regressão Linear Múltipla. As mediações seguiram os pressupostos de Baron e Kenny. A significância adotada foi de 5%. **Resultados:** O tracking da ACR, indicou que 78% dos adolescentes não alteraram sua classificação, com concordância moderada ( $Kappa=0,53$ ). As comparações demonstraram que possuir alta ACR resulta em melhores valores para tempo de reação ( $P=0,002$ ), controle inibitório ( $P=0,049$ ) e memória de trabalho ( $P=0,034$ ). Do mesmo modo, as regressões lineares evidenciaram relações significantes para o  $VO_{2max}$  com o tempo de reação para as respostas congruentes ( $\beta=-0,004$ ;  $P=0,004$ ) e incongruentes ( $\beta=-0,005$ ;  $P=0,014$ ), também com o controle inibitório ( $\beta=-0,332$ ;  $P=0,049$ ). Os resultados destacam que aumentar os níveis de ACR apresenta efeitos sobre a acurácia e o controle inibitório, bem como apresenta impactos significantes sobre o tempo de reação congruente ( $\beta=-0,008$ ). Por outro lado, a maturidade somática não apresentou associações significantes com a ACR e as funções de controle cognitivo. **Conclusão:** A ACR possui associações com as funções cognitivas tanto de forma transversal como longitudinal, evidenciando que a manutenção da alta ACR ao longo dos anos possui impactos sobre as funções cognitivas, do mesmo modo que alterar sua trajetória para altos níveis de ACR resulta em melhoras cognitivas. Entretanto, a maturidade somática não apresenta papel mediador sobre essas relações.

**Palavras Chaves:** Aptidão física. Função executiva. Desempenho cognitivo. Escolares.

WEBER, Vinícius Müller Reis. **Association between cardiorespiratory fitness and cognitive function during the adolescence**: Longitudinal Study. 2020. 84 p. Dissertation (Master in Physical Education) – State University of Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

**Objective:** Analyze the relationship between cardiorespiratory fitness (CRF) and functions of cognitive control during the adolescence in scholars of public schools of Londrina-PR. **Methods:** This is a study with observational character with longitudinal design and the interval between baseline and follow-up of approximate 3 years (2016 – 2019). At the first phase of data collection, was evaluated scholars belonging to 6<sup>th</sup> grade (11.7 years), which 394 scholars presented validate data for all collected variables: Cardiorespiratory fitness (shuttle-run 20m); anthropometric measures (body mass, height, waist circumference, and skin folds); sociodemographic information; level of parents education. At follow-up, was assessed data of 155 adolescents and of theses 134 presented validate data. The participants were reevaluated for all variables of baseline and was inserted variables to assess the cognitive control, Stroop test, and Corsi Blocks. Additionally, the peak of height velocity (PHV) was calculated for classification the maturity of the adolescent. For statistical analysis was realized a Tracking analysis and the concordance was evaluated by the Kappa index, the comparison was realized by the Generalized Estimating Equation and the relationship by Multiple Linear Regression. The mediation analysis followed the suppositions of Baron and Kenny. The significance adopted will be 5%. **Results:** The tracking of CRF showed that 78% of adolescents didn't change their classification, with moderate agreement (Kappa=0.53). Comparisons presented that had High CRF resulted in better values for reaction time ( $P=0.002$ ), inhibitory control ( $P=0.049$ ) and working memory ( $P=0.034$ ). Similarly, the linear regressions highlight significant relationship for  $VO_{2max}$  with reaction time, congruent ( $\beta=-0.004$ ;  $P=0.004$ ) and incongruent ( $\beta=-0.005$ ;  $P=0.014$ ), also with inhibitory control ( $\beta=-0.3332$ ;  $P=0.049$ ). The results pointed out that increase CRF levels have effects over accuracy and inhibitory control, as well as presented significant impacts over congruent reaction time ( $\beta=-0.008$ ). However, somatic maturity has not significant associations with CRF or functions of cognitive control. **Conclusion:** CRF has associations with cognitive functions in cross-sectional or longitudinal way, concluding the maintenance of high CRF has impacted over cognitive functions and the increasing of CRF for higher values over the years resulting in better cognition. However, the somatic maturity does not show any mediating role over these relationships.

**Keywords:** Physical fitness. Executive function. Cognitive performance. Scholars.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.1</b> – Curso do Desenvolvimento Cerebral.....	15
<b>Figura 1.2</b> – Prisma FlowDiagram .....	18
<b>Figura 1.3</b> – Percentual de estudos em cada linha de pesquisa .....	19
<b>Figura 2.1</b> – Delineamento Experimental .....	29
<b>Figura 4.1</b> – Modelos de Mediação do PVC na relação entre o consumo máximo de oxigênio e funções do controle cognitivo .....	57

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Controle de qualidade de dados das medidas antropométricas.....	30
<b>Tabela 3.1</b> – Caracterização da amostra no <i>Baseline</i> e <i>Follow-up</i> (3 anos) .....	39
<b>Tabela 3.2</b> – <i>Tracking</i> da aptidão cardiorrespiratória entre o <i>Baseline</i> e follow-up .....	40
<b>Tabela 3.3</b> – Comparação entre os grupos de trajetória segundo o FITNESSGRAM entre o <i>Baseline</i> e o <i>Follow-up</i> para as variáveis do controle cognitivo .....	41
<b>Tabela 4.1</b> – Caracterização da amostra estratificada pelo sexo entre o baseline e follow-up.....	55
<b>Tabela 4.2</b> – Modelos de regressão linear entre o consumo máximo de oxigênio e as funções cognitivas.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	Aptidão Cardiorrespiratória
BC	Blocos de Corsi
BDNF	Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro
CCI	Coeficiente de Correlação Intraclasse
EEG	Eletroencefalografia
ETM	Erro Técnico de Medida
ERP	Potenciais relacionados a eventos
IGF-1	Fator de Crescimento Semelhante a insulina
IMC	Índice de Massa Corporal
IPVC	Idade no Pico de Velocidade de Crescimento
PVC	Pico de Velocidade de Crescimento

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA .....	13
1.2	REVISÃO DE LITERATURA .....	17
1.2.1	Controle Cognitivo E ACR .....	20
1.2.2	Ativação Cerebral (EEG, ERP), Controle Cognitivo E ACR .....	21
1.2.3	Alterações Morfológicas, Controle Cognitivo E ACR.....	22
1.2.4	Relações Longitudinais Entre Controle Cognitivo E ACR.....	24
1.3	OBJETIVOS E ESTRUTURA DO PROJETO .....	26

### CAPÍTULO 2

<b>2</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	27
2.1	POPULAÇÃO DO ESTUDO.....	27
2.1.1	Sujeitos.....	27
2.2	Coleta De Dados .....	28
2.3	ANTROPOMETRIA .....	29
2.4	MATURIDADE SOMÁTICA.....	30
2.5	APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA .....	30
2.6	TESTES COGNITIVOS.....	31
2.6.1	Blocos De Corsi.....	31
2.6.2	Stroop Teste .....	31
2.7	CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS .....	32
2.8	TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	32

### CAPÍTULO 3

<b>3</b>	<b>ARTIGO ORIGINAL</b> .....	33
3.1	TRACKING DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE AS FUNÇÕES DO CONTROLE COGNITIVO EM ADOLESCENTES .....	33
3.2	INTRODUÇÃO .....	34
3.3	MÉTODOS .....	35
3.3.1	Seleção Da Amostra E Delineamento Experimental .....	35
3.3.2	Antropometria .....	36

3.3.3	Aptidão Cardiorrespiratória.....	36
3.3.4	Testes Do Controle Cognitivo.....	37
3.3.4.1	Blocos de corsi .....	37
3.3.4.2	Stroop teste .....	37
3.3.5	Variável Sociodemográfica.....	38
3.3.6	Análise Estatística .....	38
3.4	RESULTADOS.....	38
3.5	DISCUSSÃO .....	42
3.6	CONCLUSÃO .....	44

## **CAPÍTULO 4**

<b>4</b>	<b>ARTIGO ORIGINAL .....</b>	<b>48</b>
4.1	ASSOCIAÇÃO ENTRE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E O CONTROLE COGNITIVO: A MATURIDADE É UM IMPORTANTE MEDIADOR?.....	48
4.2	INTRODUÇÃO .....	49
4.3	MÉTODOS .....	50
4.3.1	Seleção Da Amostra E Delineamento Experimental .....	50
4.3.2	Antropometria .....	51
4.3.3	Maturidade Somática.....	51
4.3.4	Aptidão Cardiorrespiratória.....	52
4.3.5	Testes Do Controle Cognitivo.....	52
4.3.5.1	Blocos de corsi .....	52
4.3.5.2	Stroop teste .....	52
4.3.6	Variável Sociodemográfica.....	53
4.3.7	Análise Estatística .....	53
4.4	RESULTADOS.....	54
4.5	DISCUSSÃO .....	58
4.6	CONCLUSÃO .....	59

## **CAPÍTULO 5**

<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>63</b>
----------	-----------------------------------	-----------

	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
--	-------------------------	-----------

<b>APÊNDICES</b> .....	70
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	71
APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO .....	74
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PAIS .....	77
<b>ANEXOS</b> .....	78
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO NUCLEO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE LONDRINA.....	79
ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA .....	81
ANEXO C – FITNESSGRAM HEALTHY FITNESS ZONES (2012) .....	82
ANEXO D – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO SOCIODEMOGRÁFICA .....	84

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 O PROBLEMA E SUA RELEVÂNCIA

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) é a habilidade de fornecer oxigênio durante atividades físicas, sendo diretamente influenciada por componentes pulmonares e hematológicos (ARMSTRONG; WELSMAN, 2019). Normalmente, é representada pelo consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), o qual é definido como a capacidade do indivíduo captar, transportar e utilizar o oxigênio pelas fibras musculares (SHEPHARD; ASTRAND, 2008).

A ACR apresenta impactos positivos sobre a saúde da criança e do adolescente, mostrando relação inversa com a adiposidade corporal e relação direta com a saúde cardiovascular (LOBELO *et al.*, 2010; ORTEGA *et al.*, 2008). Além disso, uma metanálise evidenciou que adolescentes com baixa ACR possuem, aproximadamente três vezes mais chances de serem classificados com síndrome metabólica (DE OLIVEIRA; GUEDES, 2016).

Além das evidências entre a ACR com os desfechos em saúde, outros estudos buscam entender a relação da ACR sobre a saúde e desempenho mental de crianças e adolescentes, visto que a ACR apresenta impactos positivos sobre ansiedade, depressão (ORTEGA *et al.*, 2008), e sobre o rendimento escolar, apresentando impacto sobre as notas alcançadas (LAMBOURNE *et al.*, 2013).

A aptidão física tem demonstrado relações positivas e consistentes na literatura com as conquistas acadêmicas. Assim, estudos que utilizam como ponto de corte a Health Fitness Zone (FITNESSGRAM®), mostram que crianças que se enquadraram na zona saudável para a ACR, apresentaram maiores valores para o rendimento escolar (DONNELLY *et al.*, 2016; WITTBERG; NORTHRUP; COTTREL, 2009). Hansen *et al.* (2014) destacaram que o rendimento escolar tende a não ter uma relação linear com ACR, uma vez que entre 22 e 27 voltas no teste de Shuttle-run-20m mostrou ser o platô para as conquistas nas disciplinas de *spelling* (línguas) e matemática. Além disso, essas relações entre a ACR e o desempenho acadêmico parecem ser mediadas por

indicadores do controle cognitivo, demonstrando que a conquista acadêmica sofre influência de outras funções cognitivas (DE BRUIJN *et al.*, 2018).

O controle cognitivo, refere-se a uma série de processos cerebrais com o objetivo de regular interações intrínsecas e extrínsecas com a função de realizar metas (BOTVINICK *et al.*, 2001; HILLMAN; BIGGAN, 2017). As tarefas de selecionar, planejar, coordenar e sustentar o processamento contextual são otimizados pelos processos de base (percepção, memória, ação) (BOTVINICK *et al.*, 2001; CHADDOCK *et al.*, 2011a). O controle cognitivo, também é conhecido por sua função executiva, e engloba o ajuste preparatório, memória de trabalho e controle inibitório, os quais são requeridos para formular planos de ações e compreendem o controle de interferências e tomadas de decisões (HILLMAN; BIGGAN, 2017; MOURÃO JUNIOR; MELO, 2011).

Essas funções, são influenciadas diretamente pelo chamado processo *top-down*, o qual é definido por utilizar experiências adquiridas para a construção de percepções e realizações de tarefas (MEEUSEN *et al.*, 2018). Além do mais, o melhor controle *top-down* reduz interferências e está ligado ao controle inibitório, visto que pode diminuir as interferências de distratores que compartilham recurso em comum com o objetivo (TREISMAN; GELADE, 1980).

Outro fato que está ligado com as funções cerebrais é a proteína fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), ela tem como função a formação de memórias longas, essenciais para o controle *Top-down*, além de estar relacionada a formação de novos neurônios. Os níveis de BDNF plasmático, apresentam elevação após uma sessão aguda de exercício, e também apresentam relações, transversais, com a ACR (HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008; MEEUSEN *et al.*, 2018). A BDNF apresenta sua maior concentração sobre o hipocampo, corpo estriado e amígdala, quando ativado inicia uma série de processos elétricos em conjunto com o Adenosina monofosfato cíclico, o qual é neurotransmissor que amplifica a ativação cerebral, sendo esses responsáveis pela formação de novos neurônios e memórias (MCMORRIS, 2015; MEEUSEN *et al.*, 2018).

A relação das regiões do córtex com o sistema cardiorrespiratório, dá-se pela estimulação do núcleo *Locus coeruleus* na secreção de hormônios excitatórios (catecolaminas), esses hormônios resultam em maior ativação do córtex frontal e hipocampo, aumentando o desempenho sobre o controle cognitivo (MEEUSEN *et al.*, 2018). De forma semelhante, o processo *top-down*,

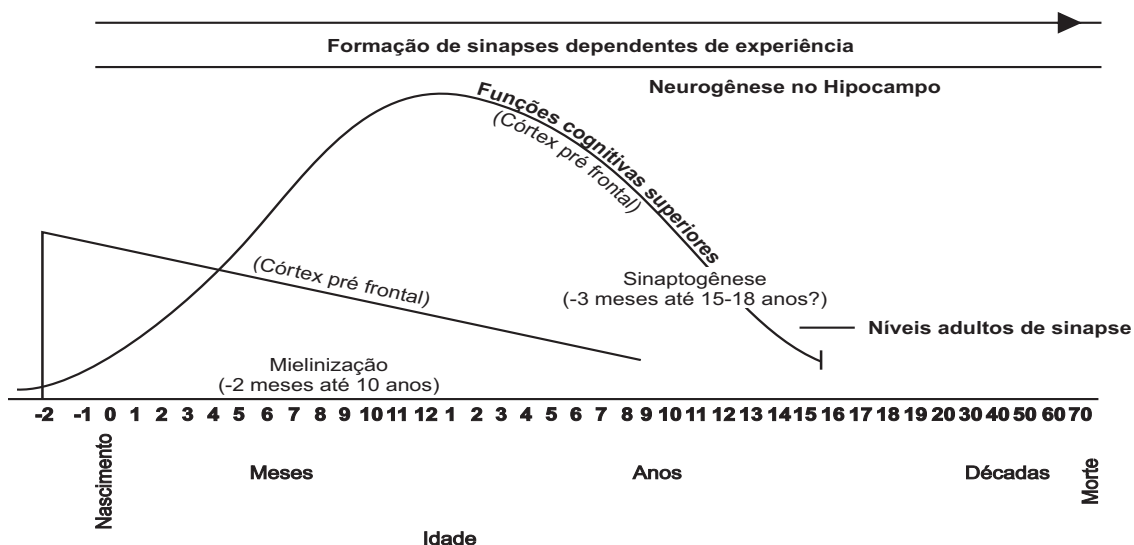
é dependente das conexões cerebrais e da estimulação de regiões específicas, visto a necessidade de recordar memórias passadas para identificar possíveis conflitos (CHADDOCK *et al.*, 2011a; KAMIJO *et al.*, 2016).

As regiões do córtex, hipocampo e núcleos da base apresentam relação direta com a ACR, sendo notório que a ACR também influencia diretamente a *network* cerebral, visto o aumento do fluxo sanguíneo e ativação das regiões específicas (córtex, hipocampo e núcleos da base) (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2016; CHADDOCK *et al.*, 2010a, 2011a). Entretanto, os estudos presentes na literatura apresentam, em sua maioria, um caráter transversal, sem elucidar como é o comportamento do controle cognitivo perante a manutenção ou variação da ACR.

Adicionalmente, o controle cognitivo também é influenciado pela maturação cerebral, mesmo que o cérebro atinja 95% do seu tamanho aos seis anos, processos de conexão sináptica, mielinização e crescimento dos dendritos e axônios, se mantêm ao longo da vida (Figura 1.1). Algumas regiões do córtex, responsáveis pela função executiva, não apresentam seu estado maduro até os 20 anos. Além disso, o processo de mielinização sobre os córtices, fato essencial para a *network* cerebral, sofre grande influência durante a transição da infância para adolescência (KHAN; HILLMAN, 2014; MEEUSEN *et al.*, 2018).

Diante disso, a maturação cerebral, aparenta ser fator determinante para o melhor controle cognitivo, visto que essa promove maior especialização das regiões cerebrais (KHAN; HILLMAN, 2014).

**Figura 1.1** - Curso do desenvolvimento cerebral.



Fonte: adaptado de Meeusen *et al.*, (2018).

Os estudos que relacionam a maturidade de outros sistemas com o controle cognitivo ainda são escassos. A capacidade cognitiva quando relacionada com a maturidade óssea, independentemente da idade cronológica, evidencia que indivíduos tardios em maturação apresentam menores valores para o desenvolvimento cognitivo em relação aos seus pares. Embora, o efeito da maturidade óssea aparenta ser pequeno, isso pode ser justificado por mudanças no desenvolvimento físico e também pela maturidade do cérebro que ocorre a partir de alterações endócrinas que também estão relacionadas com o desenvolvimento cognitivo (GOLDSTEIN, 1987).

As mudanças no desenvolvimento físico, são normalmente avaliadas pela maturidade somática, caracterizada pelo pico de velocidade de crescimento, cujos indivíduos que já passaram pelo pico possuem maiores valores de  $VO_{2máx}$  e melhores habilidades motoras. Também, no momento do pico de velocidade de crescimento ocorre o aumento de hormônios responsáveis pelo crescimento físico, como por exemplo IGF-1, (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009), o qual é um dos responsáveis pela formação das conexões entre dois neurônios (sinaptogênese) (MCMORRIS, 2015). Essas mudanças sofridas em decorrência dos processos maturacionais, podem mediar a relação da ACR com o controle cognitivo.

Atualmente a maioria dos estudos avaliou indivíduos ao fim da segunda infância (9-10 anos), os quais não acompanham as mudanças que o indivíduo sofre pelos processos maturacionais. Autores evidenciam que a maturidade pode ser variável de confusão das relações entre ACR e o controle cognitivo, e alguns estudos tem utilizado como controle nas análises (CHADDOCK *et al.*, 2010a, 2012a; HAAPALA, 2013; MOORE *et al.*, 2013). Entretanto, verificar as relações entre ACR e controle cognitivo e a possível influência da maturidade ainda necessita ser elucidadas pela literatura. Bem como, há carência de estudos que realizem o acompanhamento desses sujeitos, de forma longitudinal na adolescência, o que resulta na lacuna de estudos que avaliem a manutenção da ACR e sua relação com o controle cognitivo.

## 1.2 REVISÃO DA LITERATURA

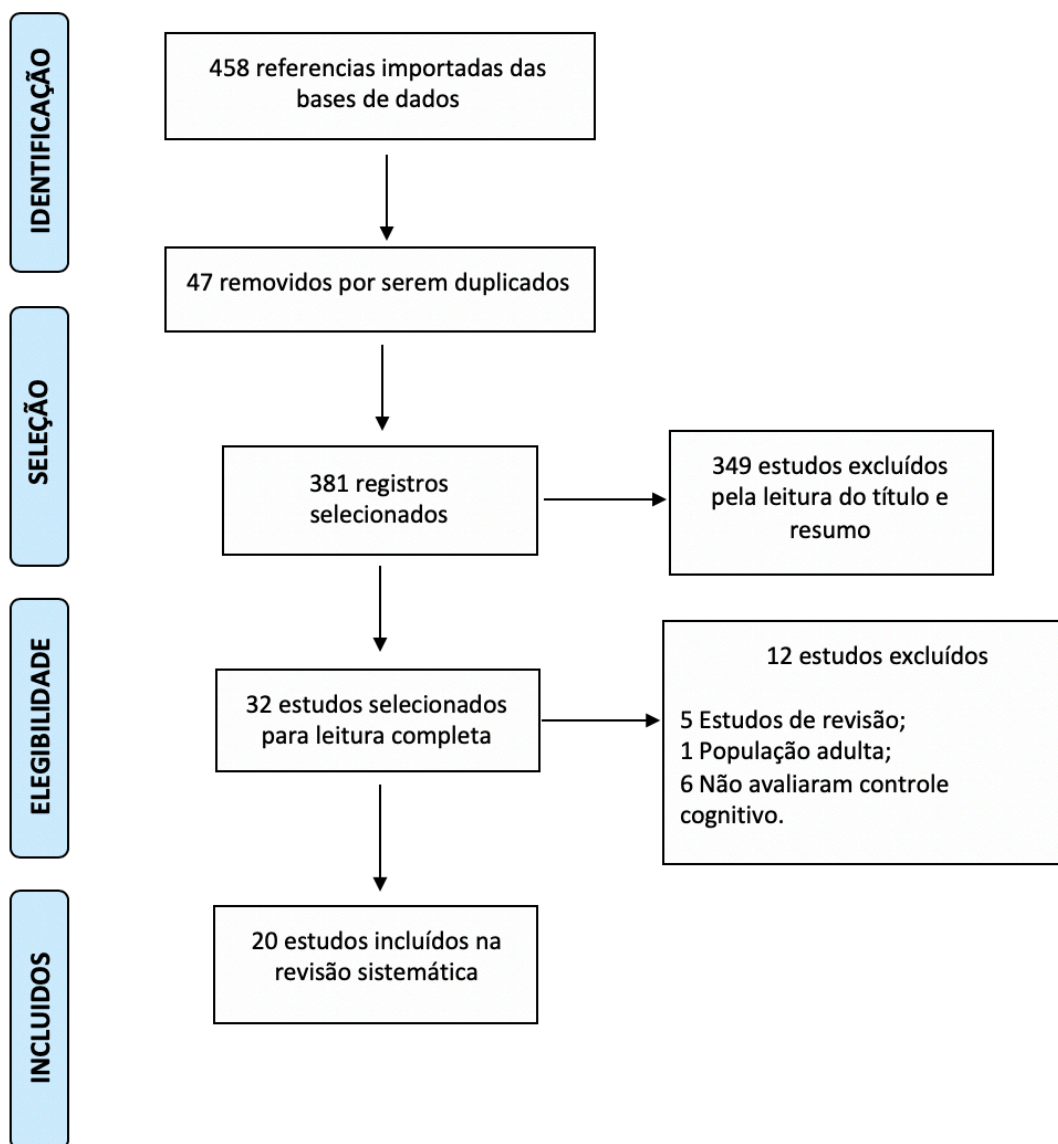
Recentemente diversos estudos buscam compreender o papel da aptidão física, muitas vezes a partir da aptidão cardiorrespiratória (ACR), sobre a atividade cerebral e suas mudanças morfológicas. Entretanto, muitos desses estudos apresentam delineamento transversal o que limita a interpretação dos resultados para crianças que se mantêm aptas fisicamente durante toda a transição para a adolescência. Adicionalmente, nessa fase a maturação influencia diretamente em diversos aspectos fisiológicos e morfológicos do indivíduo, entretanto ainda não está clara na literatura a sua relação com o controle cognitivo.

Visando compreender a influência da ACR sobre a atividade cerebral na adolescência foi realizada uma busca nas seguintes bases de dados: PUBMED (Medline), LILACs, SCOPUS, PsycInfo, CINAHL, SPORTDiscus, SciELO.

Como estratégia de busca foram utilizadas as seguintes palavras chaves e seus operadores booleanos: ("Child" OR "Pre-adolescent" OR "Adolescent" OR "Childhood" OR "Children" ) AND ("Oxygen Consumption" OR "Physical Fitness" OR "Cardiorespiratory Fitness" OR "Cardiovascular Fitness" OR "Aerobic Fitness" OR "Fitness") AND ("Executive Function" OR "Neuropsychology" OR "Cognitive" OR "Brain" OR "Memory") AND ("ERP/EEG" OR "FMRI" OR "MRI" OR "Fnirs" OR "Electroencephalography" OR "Flanker test" OR "Stroop task"). A pesquisa abrangeu todos os artigos desde o início da base até 17/12/2018, sem uso de filtros.

Para seleção dos estudos, dois pesquisadores (V.M.R.W e J.C.C) conduziram a avaliação dos artigos de forma independente, quando apresentada inconsistências um terceiro foi solicitado (D.Z.F). Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: ser estudo original, ter investigado crianças ou adolescentes, ter avaliado a ACR, a atividade cerebral ou suas variações estruturais, ter avaliado a função executiva ou um dos seus domínios. Foram localizados um total de 381 estudos, após a exclusão pela leitura do título e resumo, 32 estudos foram selecionados para leitura completa. Entre esses, um total de 20 estudos foram incluídos na revisão, a seleção dos estudos seguiu o modelo Prisma Flow-diagram (Figura 1.2).

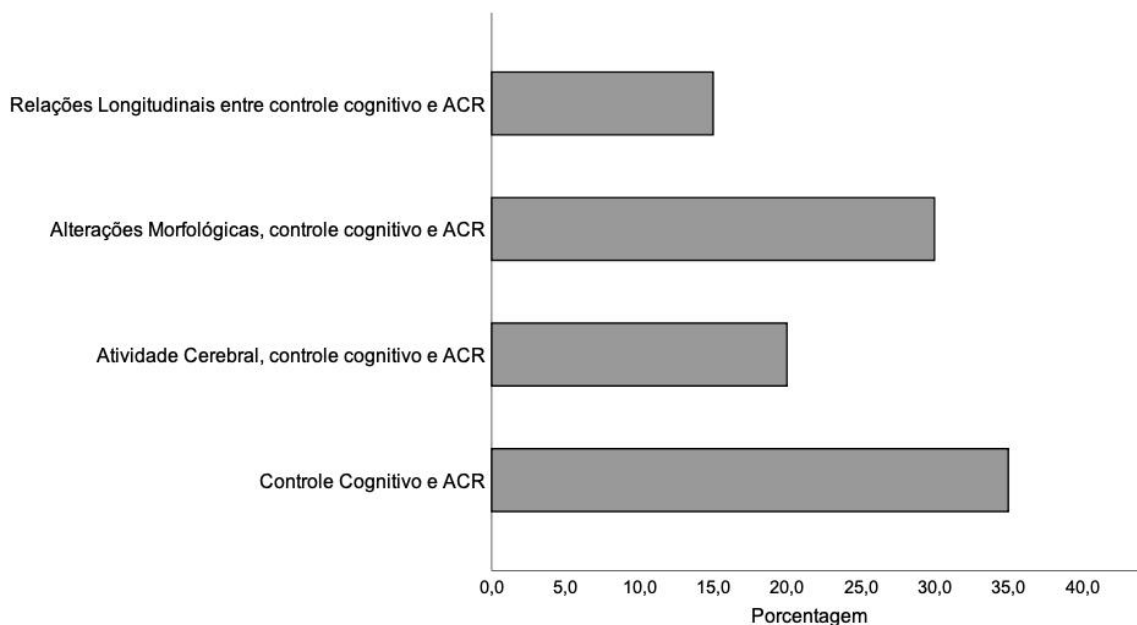
Figura 1.2 - Prisma Flow-Diagram.



Fonte: o próprio autor.

Os estudos encontraram concordância na relação da ACR controle cognitivo. Todos os estudos apresentaram que crianças e adolescentes com altos níveis de ACR possuem alguma relação positiva com funções do controle cognitivo, entretanto essas relações são comumente encontradas em estudos de delineamento transversal, o que impossibilita verificar relação de causa-efeito, fato esse encontrado visto que apenas três estudos da revisão apresentaram delineamento longitudinal, como observado na Figura 1.3.

**Figura 1.3** - Percentual de estudos em cada linha de pesquisa.



**Fonte:** o próprio autor.

### 1.2.1 Controle cognitivo e ACR

O controle cognitivo pode ser descrito como processo intrínseco para a execução de um objetivo direcionado, isso ocorre a partir do subconjunto de operações que promovem o *network* cerebral, com a função de desempenhar o controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. Estudos mostram ação positiva da aptidão cardiorrespiratória sobre o controle cognitivo, principalmente na memória relacional (CHADDOCK *et al.*, 2011b), aprendizagem (RAINE *et al.*, 2013), processamento contextual (RAINE *et al.*, 2016) e controle inibitório (BUCK; HILLMAN; CASTELLI, 2008; CHADDOCK *et al.*, 2012b; DE BRUIJN *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2011).

Para melhor desempenho da memória relacional, necessita-se de maior ativação do hipocampo e do córtex frontal e temporal. O hipocampo tem a função de armazenamento das memórias longas, sendo essencial para lembranças de informações espaciais e temporais. Além disso, as regiões do córtex exercem a função de atenção seletiva e controle inibitório. Relacionado com a ACR, um estudo demonstra a influência da ACR sobre tarefa de memória, na qual pré-adolescentes

com maior aptidão cardiorrespiratória possuem 6,3% mais respostas corretas, no teste de memória quando comparados ao grupo com baixa aptidão (CHADDOCK *et al.*, 2011b). Raine *et al.* (2013) apresentam resultados que evidenciam o processo de aprendizagem e memória em crianças (9-10 anos) com alta aptidão cardiorrespiratória. O estudo solicitou que pré-adolescentes estudassem, em um dia, mapas geográficos. Os resultados demonstram que crianças com alta aptidão cardiorrespiratória apresentam melhor desempenho, cerca de 15% a mais nas respostas corretas em relação as de baixa ACR.

A memória de trabalho é um dos componentes que atuam sobre o controle cognitivo, ela se caracteriza por ser uma memória curta e não consolidada. A principal característica da memória de trabalho é atualizar e manter ativas as informações a respeito dos objetivos a serem alcançados (MOURÃO JUNIOR; MELO, 2011). O processamento contextual é representado juntamente com a memória de trabalho, visto que o maior processamento contextual promove integridade das informações relevantes, trazendo importantes consequências sobre como as informações são representadas e processadas. Diante do exposto, pré-adolescentes com alta ACR, apresentam maior acurácia em um teste de memória de trabalho (AX-CPT), bem como tendem a manter a integridade das informações recebidas (RAINE *et al.*, 2016).

Além disso, a literatura demonstra que a maior parte dos estudos que avaliam o controle cognitivo, utiliza instrumentos de pesquisa para avaliação do controle inibitório: a Tarefa de *Flanker* (CHADDOCK *et al.*, 2012b; WU *et al.*, 2011) e o *Stroop* teste (BUCK; HILLMAN; CASTELLI, 2008; DE BRUIJN *et al.*, 2018). Os testes possuem respostas congruentes e incongruentes, normalmente são avaliadas a acurácia, o tempo de reação e interferência (% incongruentes - % congruentes). Os estudos apresentam resultados consistentes, nos quais pré-adolescentes com alta aptidão cardiorrespiratória possuem melhores resultados para acurácia, menores tempos de reação e menores desvios padrões, demonstrando um padrão nos resultados encontrados. Buck *et al.*, (2008) relacionaram a ACR com os scores obtidos no *Stroop* teste, e encontraram relações diretas entre as respostas congruentes ( $\beta=0,38$ ;  $P<0,01$ ), e incongruentes ( $\beta=0,24$ ;  $P<0,01$ ).

### 1.2.2 Atividade cerebral (EEG, ERP), controle cognitivo e ACR

Os estudos que avaliaram a atividade cerebral durante uma tarefa de controle cognitivo, não apresentaram consistências metodológicas, visto que avaliaram domínios diferentes na análise da eletroencefalografia: potencial evocado (HILLMAN *et al.*, 2009; HILLMAN; CASTELLI; BUCK, 2005; MOORE *et al.*, 2013) e conectividade cerebral (KAMIJO *et al.*, 2016). Entretanto, todos apresentaram relações positivas entre ACR e a atividade cerebral.

A análise do potencial evocado (ERP), apresenta em sua normalidade, a avaliação de dois aspectos: amplitude e latência. O ERP se caracteriza por padrões elétricos, positivos ou negativos, que são emitidos na região cerebral em resposta a algum estímulo externo. Normalmente, o ERP utiliza como análise principal a avaliação da amplitude do P3, o qual é representado pelo maior pico de ativação em resposta ao estímulo, e ocorre entre 300 – 800 milissegundos. Bem como, a avaliação do N2, que é um desvio negativo e apresenta seu estímulo entre 200 e 300 milissegundos (LUCK, 2014; MEEUSEN *et al.*, 2018). A amplitude do P3 indica a intensidade da tarefa cognitiva, essa amplitude quanto mais elevada aponta maior atenção seletiva a determinada tarefa, a latência do P3 mostra o tempo necessário para processamento de determinado estímulo externo. O N2, é a segunda parte de deflexão na ativação cerebral, menor amplitude nessa região demonstra que menos recursos são solicitados para o controle da atenção e pode ser associado a detecção de novidades, ao controle executivo e a classificação das tarefas (MEEUSEN *et al.*, 2018).

Hillman *et al.* (2005) aparentam ser o primeiro estudo com análise do ERP em resposta a uma tarefa de controle cognitivo em grupos de alta ou baixa ACR, em crianças de aproximadamente 10 anos. Quando analisada as regiões de ativação, as maiores amplitudes são encontradas nas regiões frontais, parentais e centrais, com uma deflexão negativa na região occipital. Ao avaliar a latência e a amplitude de P3, os resultados demonstram que essas variáveis são diretamente influenciadas pela aptidão cardiorrespiratória, sendo que melhores são os valores para o grupo com alta aptidão física. Posteriormente, Hillman *et al.* (2009) avaliaram os domínios do P3 e N2 em resposta a tarefa de *Flanker* nos grupos de alta e baixa ACR. Ao comparar o P3 entre os grupos, as crianças com alta ACR apresentaram valores significativamente maiores do que aquelas com baixa ACR ( $P < 0,04$ ), com maiores ativações encontradas nas regiões centrais e parentais do cérebro. Concomitante aos

resultados anteriores, os autores também encontraram valores melhores para o grupo com alta aptidão, para a análise de latência do N2.

Moore *et al.* (2013) avaliaram o ERP a partir das diferentes respostas da tarefa de *Flanker*, respostas compatíveis e incompatíveis entre as tarefas congruentes e incongruentes. A latência e a amplitude do P3, na região parental, entre as respostas congruentes e incongruentes não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, as respostas compatíveis e incompatíveis apresentaram diferenças para a latência, sendo menor para as respostas compatíveis. Para a amplitude do P3, maior ativação foi encontrada nas respostas compatíveis, bem como menor tempo de reação. Além da região parental, as regiões do córtex frontal e central apresentaram diferenças para as respostas compatíveis, sendo que amplitude de P3, foi maior para as respostas corretas. O presente estudo não encontrou diferenças entre ativação cerebral (P3) e os grupos de ACR, entretanto os mais aptos apresentam menores tempos de reação para as tarefas de controle cognitivo.

Kamijo *et al.* (2016) avaliaram a conectividade funcional do cérebro, a qual reflete a sincronia de ativação entre dois elétrodos, refletindo em uma *network* cerebral entre duas regiões distintas. Essa *network*, se caracteriza por estar envolvida no controle *top-down*, ou seja, o armazenamento de experiências vividas é conectado para a realização de alguma tarefa. Os autores, utilizam uma tarefa de busca e atenção visual, e encontraram que pré-adolescentes pertencentes ao grupo de alta ACR apresentam menor tempo de ativação para as respostas mais fáceis, e para as tarefas mais difíceis a ativação entre as regiões se mantém por mais tempo (1000 ms), diferentemente do grupo baixa aptidão que apresenta a ativação apenas entre 200 e 300 ms.

### 1.2.3 Alterações morfológicas, controle cognitivo e ACR

Diversas regiões cerebrais atuam sobre o controle cognitivo, sendo essas os núcleos da base, hipocampo e o córtex em suas diferentes regiões. Essas regiões são responsáveis pelas liberações de catecolaminas, fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), fator de crescimento semelhante a insulina (IGF1) e o fator de crescimento endotelial vascular. A liberação desses fatores influencia diretamente a

neurogênese, a ativação dos córtex pré-frontais e a *network* entre as regiões responsáveis pelo controle cognitivo (MCMORRIS, 2015; MEEUSEN *et al.*, 2018).

Os núcleos da base, são compostos pelo Núcleo Caudado, Putamen, Accumbens e Globo pálido. Eles têm como função a resolução de respostas, flexibilidade cognitiva e a liberação de BDNF (ARON; POLDRACK; WISE, 2010; MEEUSEN *et al.*, 2018). Essas regiões apresentam diferenças quanto ao volume entre os grupos de alta ACR (>70%) e a baixa ACR (<30%). A região Putamen e globo pálido apresentam relação com a acurácia sobre as respostas incongruentes e o controle inibitório (*Flanker* teste), demonstrando relação dos núcleos da base com o controle cognitivo. A região Accumbens não apresenta relação com o desempenho cognitivo, isso ocorre porque essa região está relacionada com processos de recompensa, os quais estão pouco envolvidos com o controle cognitivo (CHADDOCK *et al.*, 2010b).

Outra região cerebral que está diretamente ligada ao controle cognitivo é o hipocampo, que se relaciona aos processos que dependem do chamado *top-down*, o qual está associada a construção de novas percepções a partir de uma experiência vivida no passado (MEEUSEN *et al.*, 2018; MOURÃO JUNIOR; MELO, 2011). Chaddock *et al.* (2010a), avaliaram a associação entre o volume do hipocampo e a ACR, os pré-adolescentes com maiores níveis de ACR possuem maior volume do hipocampo, fato esse também encontrado no estudo de Ortega *et al.* (2017). Uma análise de mediação demonstrou que o volume do hipocampo é mediador da relação entre a aptidão física e a memória relacional (CHADDOCK *et al.*, 2010a). Outra relação encontrada, é o fluxo sanguíneo no hipocampo e sua ligação com a ACR. Os resultados demonstram que a alta aptidão física, prediz maior circulação sanguínea no hipocampo e conseqüentemente maior proliferação celular, maiores concentrações de BDNF, gliogênese e neurogênese (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2016).

Dentro das regiões estudadas a que mais apresenta estudos e consistência nos resultados são das regiões do córtex (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2015; CHADDOCK *et al.*, 2012b; HERTING; KEENAN; NAGEL, 2016) em sua maioria nas regiões frontais, temporais, centrais e parentais, normalmente calculadas pela espessura da região analisada. Sabe-se que o aumento do volume cerebral, principalmente na massa cinzenta do cérebro, está associado a maturação e ao desenvolvimento cerebral, ocasionando melhor desempenho no controle inibitório, em cálculos e na leitura.

Crianças, entre 9 e 10 anos, com maior nível de ACR apresentam menores espessuras corticais, refletindo em maior aproximação entre as áreas cinzentas e brancas (CHADDOCK-HEYMAN *et al.*, 2015). Igualmente, crianças com alta ACR apresentam maior ativação das regiões pré-frontais e parentais durante um teste de controle inibitório. Também é notório que a ACR demonstra influência sobre a ativação nas tarefas mais difíceis, ou seja, crianças com alta ACR possuem maior ativação para a execução dessas tarefas, resultando em maior atenção (CHADDOCK *et al.*, 2012b). Herting *et al.* (2016), apresentaram que os grupos com alta aptidão física e baixa aptidão possuem diferenças na área da região do córtex frontal. Sendo possível concluir que a aptidão cardiorrespiratória apresenta influência sobre a espessura cortical, aumentando a *network* cerebral, o controle inibitório e a resistência a interferências (MCMORRIS, 2015).

#### 1.2.4 Relações longitudinais entre controle cognitivo e ACR

Estudos que verificaram a relação da aptidão cardiorrespiratória com o controle cognitivo de maneira longitudinal, são escassos e ainda necessitam de maiores pesquisas. Dos 20 estudos, apenas três apresentam caráter longitudinal, o que representa apenas 15% dos estudos totais desta revisão. Os estudos longitudinais avaliam o controle inibitório (CHADDOCK *et al.*, 2012a; SCUDDER *et al.*, 2016) e memória de trabalho (NIEDERER *et al.*, 2011).

Como a maior parte dos estudos apresentam delineamento transversal, não se pode verificar relações de causa e efeito, bem como se a manutenção da ACR apresenta influência sobre o controle cognitivo. Sabe-se que as regiões envolvidas para o controle cognitivo não estão maduras até os 20 anos de idade, e alguns processos ocorrem durante a vida toda, que podem ser influenciadas pela ACR durante todo o processo de maturação cerebral (CHADDOCK *et al.*, 2011a; KHAN; HILLMAN, 2014; MEEUSEN *et al.*, 2018). Outro fato importante a se destacar é que a *network* cerebral aumenta durante a pré-adolescência e adolescência, em decorrência de maior mielinização nas regiões do córtex e especialização da região frontal, exercendo grande influência sobre o controle cognitivo (KHAN; HILLMAN, 2014).

Chaddock *et al.* (2012b) avaliaram a relação da ACR, no *baseline*, com o desempenho no teste de *Flanker* um ano após. Os resultados apresentam que pré-adolescentes com alta ACR (Percentil > 70%) possuem maiores níveis de controle cognitivo, para as respostas mais difíceis (incongruentes), um ano após. Também, o volume dos núcleos da base apresenta correlações significantes com o desempenho do controle inibitório, sendo notório na região Putamen e Globo Pálido, visto que essas regiões têm como função o controle da excitação cerebral. Entretanto, há hipótese de que outras variáveis que não foram controladas podem exercer mudanças no controle cognitivo (desenvolvimento, aptidão, puberdade).

Scudder *et al.* (2016) avaliaram as variações no controle cognitivo e na ACR em pré-adolescentes, com um *follow-up* de três anos. A acurácia nas respostas incongruentes no *follow-up* apresentou relações significantes com a aptidão cardiorrespiratória no *baseline* ( $\Delta R^2 = 0.027$ ). Bem como, as variações nas respostas incongruentes (*Follow-up* – *Baseline*) e na interferência (% incongruentes - % congruentes), demonstraram que a ACR quando controlada pelo seu valor no *baseline*, pode responder em média 55% o desempenho no controle cognitivo. Desse modo, o aumento na ACR está relacionado com melhor desempenho perante as respostas incongruentes e maior resistência as interferências. A ACR no *baseline* apresenta influência sobre controle cognitivo mesmo após três anos. Os autores evidenciam que a associação positiva entre aptidão aeróbica e a cognição, apresentaria alteração nos resultados caso a maturidade fosse controlada.

Ao contrário dos estudos citados anteriormente que tiveram sua população com pré-adolescentes, Niederer *et al.* (2011) avaliaram a memória e atenção de crianças com aproximadamente 5 anos. O estudo encontrou relação entre a aptidão aeróbica e a atenção em crianças 9 meses após o *baseline*. Pode-se levar em consideração que nessa fase da infância a criança apresenta maior sensibilidade, sofrendo maior influência da aptidão cardiorrespiratória.

Diante das informações obtidas nesta revisão, observa-se carência de estudos longitudinais, que indique melhor explicação das possíveis mudanças que ocorram nas trajetórias da ACR sobre o controle cognitivo e nas concentrações de BDNF. Além disso, novas pesquisas devem buscar qual é o papel mediador da maturidade sobre o controle cognitivo, visto que os poucos estudos longitudinais, evidenciam a influência da maturação, mas não apresentam seu possível papel mediador.

### 1.3. OBJETIVOS E ESTRUTURA DO PROJETO

A estrutura da dissertação seguiu o modelo escandinavo, com a apresentação de dois artigos científicos. Desse modo, o presente estudo se dará por uma introdução expandida, em sequência foram apresentados dois artigos científicos, originados de uma pesquisa longitudinal conduzida pelo Laboratório de Atividade Física e Saúde da Universidade Estadual de Londrina, com um primeiro momento de coleta em 2015, 2016 e 2017 (*baseline*), e *follow-up* em 2019. O objetivo geral da pesquisa foi analisar a relação entre aptidão cardiorrespiratória e o controle cognitivo durante a transição da adolescência em escolares de ambos os sexos da rede pública de ensino do município de Londrina-PR.

Assim, com o intuito de responder o objetivo geral, propõem-se os subsequentes artigos científicos a serem submetidos a periódicos indexados pela CAPES, definidos posteriormente. Os títulos dos artigos científicos propostos, bem como seus respectivos objetivos são os seguintes:

**Artigo 1:** *Tracking* da aptidão cardiorrespiratória e sua influência sobre as funções do controle cognitivo em adolescentes.

**Objetivo geral:** Verificar o *tracking* da aptidão cardiorrespiratória em adolescentes e comparar os grupos de trajetórias com as funções do controle cognitivo

**Artigo 2:** Associação entre aptidão cardiorrespiratória e o controle cognitivo: a maturidade é um importante mediador?

**Objetivo geral:** Verificar o possível papel mediador da maturidade somática sobre a aptidão cardiorrespiratória e o controle cognitivo.

## CAPÍTULO 2

### 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 2.1 POPULAÇÃO DO ESTUDO

A presente dissertação foi realizada por meio de um banco de dados gerado por um estudo prospectivo previamente aprovado pelo comitê de ética e pesquisa, sob parecer de nº 1.281.324 de 09/10/2015. O estudo contou com duas fases, a fase inicial foi realizada no período de outubro de 2015 a maio de 2017 e contou com a participação de uma amostra representativa de escolares, de ambos os sexos, dos sextos anos do Ensino Fundamental II da cidade de Londrina-PR, foi realizada uma seleção aleatória proporcional, levando em consideração a proporção de alunos em cada uma das cinco regiões da cidade. Foram convidados a participar do estudo 980 adolescentes. Recusas e perdas totalizaram 290 indivíduos (29,5%), sendo 245 excluídos por não entregarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado pelos pais ou responsáveis e 45 por não concordarem em usar o acelerômetro. De um total de 690 adolescentes que foram monitorados por acelerômetros, 394 apresentaram dados válidos (57%), sendo 52% do sexo feminino.

##### 2.1.1. Sujeitos

Na segunda fase do projeto (*Follow-up*), convidou-se os alunos que apresentaram dados válidos no *baseline* (394 alunos). Diante disso, os alunos foram localizados com ajuda do Núcleo Regional de Educação de Londrina. Os alunos e os responsáveis foram informados sobre os procedimentos a serem adotados e só participaram da pesquisa aqueles que entregaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (APÊNDICE A) assinado pelo responsável e o Termo de Assentimento (TA) (APÊNDICE B). Os estudantes estavam cientes de que poderiam deixar a pesquisa a qualquer momento. O presente estudo foi aprovado pelo Núcleo Regional de Educação de Londrina-PR (ANEXO A) e pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual

de Londrina sob parecer de nº 3.389.373 de 13/06/2019 (ANEXO B), de acordo com as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Foram localizados 155 adolescentes, desses 21 foram excluídos das análises, por reportarem dificuldade de aprendizagem. Foi realizado um cálculo amostral, pelo software Gpower®, para análises de regressão linear múltipla, com um poder de 95%, um erro de 5%, tamanho de efeito de 0,15 e com cinco preditores. O cálculo amostral resultou em 138 indivíduos.

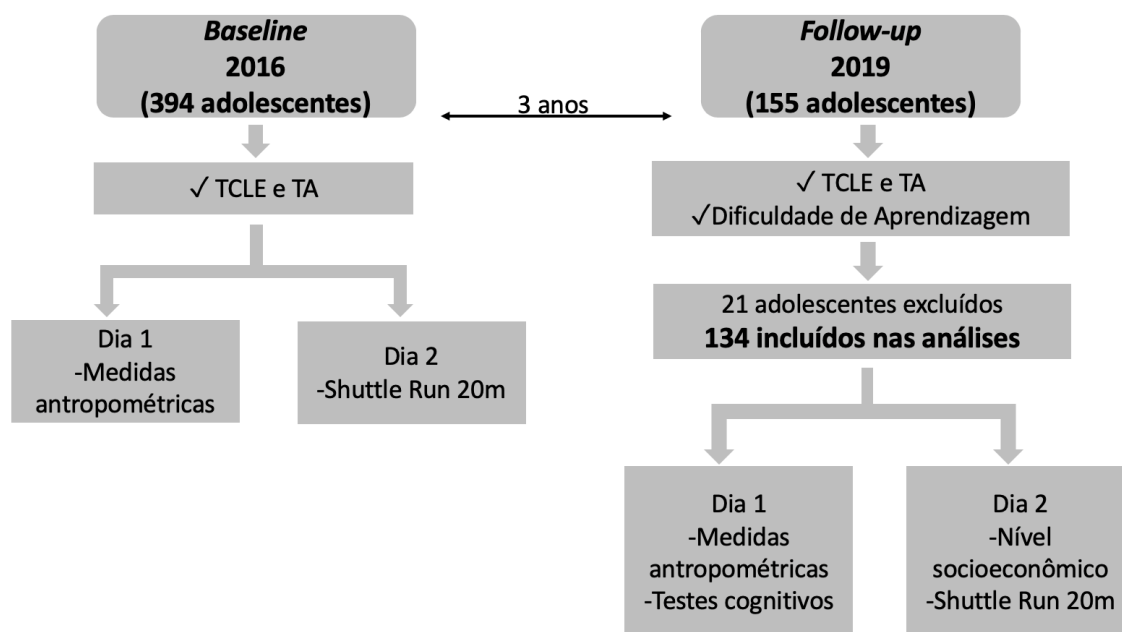
## 2.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada em dois dias da semana, nas próprias escolas em que os alunos estão matriculados. A coleta de dados foi dividida em duas fases: na primeira fase os alunos foram informados sobre os objetivos da pesquisa e os dados que seriam coletados e receberam o TCLE e Termo de Assentimento (TA). Aqueles que tiveram o TA assinado por eles e TCLE pelos pais participaram da segunda fase da coleta, separadas em dois dias consecutivos.

Na primeira fase do estudo, foram coletadas as variáveis de aptidão cardiorrespiratória, antropometria, dificuldade de aprendizagem, escolaridade dos pais e nível socioeconômico. Para a segunda fase, coletaram-se as variáveis citadas e foi incluso a análise do controle cognitivo (Blocos de Corsi, Stroop teste), conforme apresentado na Figura 2.1.

Juntamente com o TCLE, foi enviado aos pais um questionário com o intuito de coletar informações referentes a dificuldade de aprendizagem dos alunos (APÊNDICE C). Detalhes específicos de cada variável estão descritos a seguir.

**Figura 2.1** - Delineamento Experimental.



**Fonte:** o próprio autor.

### 2.3 ANTROPOMETRIA

As medidas antropométricas de massa corporal, estatura, altura tronco-cefálica, circunferência de cintura e dobras cutâneas tricipital e subescapular foram realizadas em uma sala reservada com pelo menos dois avaliadores de ambos os sexos para evitar qualquer tipo de constrangimento do avaliado. A massa corporal foi mensurada em uma balança portátil de leitura digital, da marca Seca, modelo 813, com precisão de 0,1 kg, ao passo que a estatura foi determinada em um estadiômetro portátil Harpenden, com precisão de 0,1 cm e para medida da altura tronco-cefálica foi utilizado uma mesa de estatura sentada Harpenden de acordo com os procedimentos descritos por Gordon *et al.*, (1988). Com base nessas informações, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado e o comprimento dos membros inferiores foi obtido pela subtração da estatura pela altura tronco-cefálica. Medidas de duas dobras cutâneas foram realizadas (tricipital e subescapular), por um único avaliador, com um adipômetro científico da marca Lange (Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD), de acordo com as técnicas previamente estabelecidas (HARRISON *et al.*, 1988).

O Erro Técnico de Medida (ETM) foi calculado pelo coeficiente de correlação intraclasse e o erro técnico absoluto, conforme descrito na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1** – Controle de qualidade de dados das medidas antropométricas.

	<b>Estatura (cm)</b>	<b>Altura Tronco- cefálica (cm)</b>	<b>Dobra cutânea tricipital (mm)</b>	<b>Dobra cutânea subescapular (mm)</b>
<b>CCI</b>	0,999	0,985	0,973	0,966
<b>Erro Técnico Absoluto</b>	0,4	0,57	1,35	0,96

**Nota:** CCI: Coeficiente de correlação intraclasse. **Fonte:** o próprio autor.

#### 2.4 MATURIDADE SOMÁTICA

Para a estimativa da maturidade somática foi utilizado o Pico de Velocidade de Crescimento (PVC): O protocolo para o início da maturidade (*maturity offset*) ou a distância em anos da IPVC, foi estimado mediante a aplicação da equação proposta por Mirwald *et al.* (2002), com utilização de dados antropométricos (estatura, estatura sentada, comprimentos dos membros inferiores), idade cronológica (IC) e massa corporal.

#### 2.5 APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA

Para estimar a aptidão cardiorrespiratória (ACR) se utilizou do teste *shuttle run* de 20 metros (SR-20m), que foi realizado em quadra dentro das próprias escolas, em um espaço com distância de 20 metros entre as linhas demarcatórias. Os alunos tiveram que se deslocar continuamente de uma extremidade à outra, de forma progressiva, até a exaustão e orientados por uma gravação sonora. A velocidade de corrida inicial foi de 8,5Km/h com incrementos de 0,5km/h a cada estágio de um minuto. A realização do teste, bem como o critério adotado para sua finalização, seguiu as recomendações de Léger e Lambert (1982). O  $VO_{2máx}$  foi calculado em ml/kg/min, pela equação sugerida por Mahar *et al.* (2011).

$$VO_{2max} = 41.76799 + (0.49261 \times n^\circ \text{ de voltas}) - (0.00290 \times n^\circ \text{ de voltas}^2) - (0.61613 \times IMC) + (0.34787 \times \text{sexo} \times \text{idade}) \quad (0 = \text{meninas}; 1 = \text{rapazes})$$

Os adolescentes foram classificados em alta e baixa ACR, seguindo as recomendações do Fitnessgram® (ANEXO C), 2012. Foram classificados como alta ACR aqueles que se enquadravam dentro da health fitness zone, a classificação foi realizada no *baseline* e *follow-up*.

## 2.6 TESTES COGNITIVOS

### 2.6.1 Blocos de Corsi

O teste de blocos de Corsi (BC) foi utilizado para verificar a memória operacional e viso espacial. Este teste consiste em memorizar alguns cubos que piscam em uma tela de computador. A tarefa começa com dois cubos piscando em meio a nove cubos dispostos na tela, e aumenta progressivamente. No procedimento tradicional, o pesquisador usa uma sequência de posições espaciais e o participante tenta reproduzir a sequência na mesma ordem (condição Forward). Sequências cada vez mais longas são geradas até que o limite do desempenho do indivíduo é atingido (BRUNETTI *et al.*, 2018). Se os participantes não pudessem memorizar os cubos, em duas respostas erradas no mesmo nível do teste ele era interrompido. O período de teste (extensão BC) e pontuação total (pontuação total BC) foram adotados como indicadores de desempenho.

### 2.6.2 Stroop teste

A tarefa de Stroop é realizada a partir de respostas congruentes e incongruentes de cores descritas, ou seja, o teste apresenta duas tarefas possíveis para quatro cores diferentes, a cor escrita pode estar pintada em cores diferentes (Ex: **VERDE**), resposta incongruente, ou estar na mesma cor (Ex: **VERDE**), congruente. O avaliado desempenhou 100 respostas aleatórias (BARBAROTTO *et al.*, 1998; SCARPINA; TAGINI, 2017), nas quais foram analisados o controle inibitório (% de acertos congruentes – % de acertos

incongruentes), tempo de reação para ambos os estímulos e número de acertos em cada uma das respostas. Todos os indivíduos tiveram uma execução do teste para adaptação a tarefa.

## 2.7 CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS

Uma amostra de 10% do total de alunos avaliados foi selecionada aleatoriamente, e foi submetida a uma segunda série de medidas sucessivas, respeitando-se o intervalo mínimo de sete dias. Para verificar a reprodutibilidade dos avaliadores foi adotado o Erro Técnico de Medida (ETM) absoluto e o coeficiente de correlação intraclasse (CCI).

## 2.8 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para analisar a normalidade dos dados, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. A categorização a ACR foi dicotômica a partir da classificação pelo Fitnessgram<sup>®</sup>, sendo classificadas como: Alta ACR e Baixa ACR. A comparação entre os grupos foi realizada pela Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), e as variáveis que apresentaram associação com o controle cognitivo foram inseridas como possíveis variáveis confundidoras (composição corporal, escolaridade dos pais, nível socioeconômico e idade).

A análise de *Tracking* da ACR foi avaliada pela proporção de indivíduos que permaneceram na mesma canalização (alta ou Baixa ACR), ao longo dos anos. Também foi analisada a concordância pela análise de *Kappa* e pelo Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI).

As associações foram verificadas por modelos de Regressão linear múltipla, as quais foram inseridas como controle possíveis variáveis confundidoras. As regressões que apresentaram significância entre a ACR e o controle cognitivo foram testadas para modelos de mediação. A mediação seguiu os pressupostos de Baron e Kenny (1986).

## CAPÍTULO 3

### 3 ARTIGO ORIGINAL

#### 3.1 TRACKING DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE AS FUNÇÕES DO CONTROLE COGNITIVO EM ADOLESCENTES.

#### RESUMO

**Objetivo:** Verificar o tracking da aptidão cardiorrespiratória (ACR) e comparar os grupos de trajetórias da ACR com as funções do controle cognitivo. **Métodos:** a pesquisa é um estudo de Tracking com acompanhamento de três anos. No baseline, 2016, foram coletados dados de 394 adolescentes (11,7 anos) e ao follow-up, 2019, 134 adolescentes (14,9 anos) apresentaram dados válidos. Em ambos os momentos de análise foram coletados dados referentes a medidas antropométricas e ao consumo máximo de oxigênio. Os grupos referentes a ACR foram classificados de acordo com o Fitnessgram<sup>®</sup>, em alta e baixa ACR. As trajetórias foram avaliadas pelos indivíduos que permaneceram ou alteraram sua classificação do baseline. No follow-up foram coletados dados referentes as funções do controle cognitivo: Stroop teste e Blocos de Corsi. A concordância entre o *baseline* e *follow-up* foi realizada pelo teste *Kappa* e as comparações foram realizadas por Equações de Estimativas Generalizadas. **Resultados:** O tracking da ACR demonstra que 78,3% dos adolescentes não alteraram sua classificação, e a concordância entre os momentos foi moderada (*Kappa*=0,531). As comparações demonstram que se manter com alta ACR resulta em melhores valores para tempo de reação ( $P=0,002$ ), controle inibitório ( $P=0,049$ ) e memória de trabalho ( $P=0,034$ ). Do mesmo modo, o grupo que alterou a classificação para alta ACR apresentou maiores valores para acurácia e controle inibitório quando comparado ao grupo com baixa ACR. **Conclusão:** Manter bons níveis de ACR demonstra impactos positivos sobre as funções de controle cognitivo, e alguns desses impactos só são encontrados quando os níveis de ACR são mantidos de forma longitudinal.

**Palavras-chave:** Aptidão física; Neurocognição; Cérebro; Desenvolvimento; Função Executiva; Stroop Teste

### 3.2 INTRODUÇÃO

A manutenção dos bons níveis de aptidão cardiorrespiratória (ACR) durante a infância e adolescência aparenta estar associado com a saúde mental, diminuindo os sintomas da ansiedade e depressão (ORTEGA *et al.*, 2008; WILLIAMS *et al.*, 2016). A ACR também possui impacto sobre alterações morfológicas das estruturas responsáveis pelo armazenamento de memórias, formação de sinapses e ativação cerebral (CHADDOCK *et al.*, 2011; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008).

Essas mudanças morfológicas estão relacionadas ao rendimento acadêmico, visto que maiores espessuras do córtex pré-frontal, resultam em melhores desempenhos, principalmente nas disciplinas de matemática e línguas (HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008). Além disso, indivíduos classificados dentro da Health Fitness Zone (Fitnessgram<sup>®</sup>) apresentam maiores notas acadêmicas (DONNELLY *et al.*, 2016; HANSEN *et al.*, 2014). Por outro lado, essa relação entre ACR e o desempenho acadêmico parece sofrer impactos dos componentes do controle cognitivo e das alterações morfológicas (CHADDOCK *et al.*, 2011; DE BRUIJN *et al.*, 2018; HILLMAN; BIGGAN, 2017; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008)

O controle cognitivo se refere a série de operações cognitivas, memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, que são responsáveis por regular planos de ação e controlar as interações com o ambiente (BOTVINICK *et al.*, 2001; HILLMAN; BIGGAN, 2017). Essas operações cognitivas, são influenciados pelo processo *top-down*, o qual é responsável por utilizar experiências passadas, para o desenvolvimento de planos de ação (MEEUSEN *et al.*, 2018; TREISMAN; GELADE, 1980). Sendo que esses processos são dependentes da conexão de regiões distintas, como por exemplo, hipocampo e córtex temporal e pré-frontal (MEEUSEN *et al.*, 2018), e essas conexões sofrem impactos das ligações sinápticas, neurogênese, mielinização dos neurônios e liberação do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) (CHADDOCK *et al.*, 2011; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008; MEEUSEN *et al.*, 2018) .

Quando avaliada as relações transversais da ACR com o controle cognitivo, identifica-se que a ACR responde em até 14% a acurácia das respostas congruentes e incongruentes no teste de Stroop (BUCK; HILLMAN;

CASTELLI, 2008), e em um teste que avalia a memória de trabalho, crianças com alta ACR apresentam diferença de aproximadamente 10% na acurácia do que seus pares (RAINE *et al.*, 2016). E quando avaliada de forma longitudinal a ACR pode prever a performance cognitiva após um ano, e a variação da mesma pode explicar em 56% o aumento nas respostas corretas de testes cognitivos (CHADDOCK *et al.*, 2012; SCUDDER *et al.*, 2016).

Para as variáveis morfológicas, indivíduos com alta ACR, possuem maior volume do hipocampo (CHADDOCK *et al.*, 2010a), e maior estrutura dos núcleos da base, responsáveis pela liberação de BDNF, pelo processamento visual e de memória espacial (CHADDOCK *et al.*, 2010b, 2012; ORTEGA *et al.*, 2017), sendo que a maior estrutura desses núcleos pode prever maior performance cognitiva no futuro (CHADDOCK *et al.*, 2012).

Surgindo assim, uma lacuna de estudos que avaliem qual é o impacto da manutenção ou variação dos grupos de trajetória da ACR sobre a performance cognitiva, sendo interessante classificar os indivíduos em alta e baixa ACR, durante o baseline e follow-up (CHADDOCK *et al.*, 2012), principalmente em adolescentes. Desse modo, o objetivo do estudo foi verificar o tracking da aptidão cardiorrespiratória e comparar os grupos de tracking com o controle cognitivo.

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 Seleção da Amostra e Delineamento Experimental

Os participantes do estudo foram acompanhados durante três anos, com o *baseline* em 2016 e *follow-up* em 2019. Durante o *baseline* foram coletados dados de 394 adolescentes (11,7 anos), sendo 52% do sexo feminino. Para o follow-up, foram encontrados 155 sujeitos (15 anos), dos quais 53% são meninas. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, sob pareceres de número 1.281.324 de 09/10/2015 e 3.679.195 de 03/11/2019. Aos sujeitos foi entregue o Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e o Termo de assentimento (TA), de acordo com as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Juntamente com o TCLE foi entregue um questionário aos pais com uma questão referente se o aluno apresentava alguma dificuldade de aprendizagem. Os alunos que foram identificados com a dificuldade de aprendizagem foram excluídos da pesquisa.

Todas as avaliações foram realizadas de forma individualizada sem a influência de outros participantes, os testes cognitivos foram realizados em ambiente silencioso e sem ruídos.

### 3.3.2 Antropometria

A massa corporal foi mensurada em uma balança portátil de leitura digital (Seca<sup>®</sup>, modelo 813) com precisão de 0,1 kg, a balança foi calibrada antes das avaliações por um peso determinado de 20kg, a estatura foi determinada em um estadiômetro portátil (Harpenden<sup>®</sup>), com precisão de 0,1 cm, os procedimentos seguiram a padronização de Gordon et al. (1988). A espessura das dobras cutâneas (tricipital e subescapular) foram avaliadas por um adipômetro científico (Lange<sup>®</sup>, Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD), de acordo com as técnicas previamente estabelecidas (HARRISON *et al.*, 1988).

O Erro Técnico de Medida aparentou estar adequado para as medidas antropométricas de estatura e dobras cutâneas, nas quais o valor do coeficiente de correlação intraclasse foi alto ( $CCI > 0,965$ ) para todas as medias e o erro técnico absoluto foi de 0,4cm para a estatura, e de 1,3mm para a dobra cutânea tricipital e 0,96mm para subescapular.

### 3.3.3 Aptidão Cardiorrespiratória

Para estimar a Aptidão Cardiorrespiratória (ACR), realizou-se o teste *Shuttle Run* de 20 metros (SR-20m), seguiu-se as recomendações de Léger e Lambert (1982) para a finalização e procedimentos do teste. O teste de *Shuttle Run* se caracteriza por uma corrida intermitente com distância de 20 metros, o teste inicia em uma velocidade de 8,5 Km/h e a cada minuto ocorre um incremento de 0,5 Km/h. O cálculo do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) foi realizado pela fórmula quadrática proposta por Mahar *et al.* (2011).

Os grupos de ACR, seguiu as recomendações do Fitnessgram<sup>®</sup>, 2012, sendo classificados nos grupos que se encontraram na Health Fitness Zone (HFZ), ou não, sendo criado dois grupos: Alta e Baixa ACR. A classificação foi realizada de acordo com a idade e o sexo.

### 3.3.4 Testes do Controle Cognitivo

#### 3.3.4.1 Blocos de Corsi

O teste de Blocos de Corsi (BC) foi realizado para verificar a memória de trabalho e viso espacial, para a realização do teste todos os participantes tiveram uma tentativa para adaptação e aprendizagem. Este teste consiste em memorizar cubos que piscam em uma tela de computador. A tarefa começa com dois cubos piscando em meio a nove cubos dispostos na tela, e aumenta progressivamente. O participante tenta reproduzir a sequência na mesma ordem. Sequências cada vez mais longas são geradas até que o limite do desempenho do indivíduo é atingido. Se os participantes não memorizassem os cubos, em duas respostas erradas no mesmo nível do teste ele é interrompido. O período de teste (extensão BC) e pontuação total (pontuação total BC) foram adotados como indicadores de desempenho (BRUNETTI *et al.*, 2018; KESSELS *et al.*, 2000).

#### 3.3.4.2 Stroop teste

A tarefa de Stroop foi realizada a partir de respostas congruentes e incongruentes de cores descritas, ou seja, o teste apresenta duas tarefas possíveis para quatro cores diferentes, a cor escrita pode estar pintada em cores diferentes, resposta incongruente, ou estar na mesma cor, congruente. O avaliado desempenhou 100 respostas aleatórias das tarefas congruentes e incongruentes, nas quais serão analisados o controle inibitório (% de acertos incongruentes – % de acertos congruentes), tempo de reação para ambos os estímulos e número de acertos em cada uma das respostas. Todos os indivíduos tiveram uma execução do teste para adaptação a tarefa (BARBAROTTO *et al.*, 1998; SCARPINA; TAGINI, 2017).

### 3.3.5 Variável sociodemográfica

Para identificar o nível socioeconômico dos alunos foi utilizado um questionário (ANEXO D) proposto pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (2015). Sendo classificados em 6 grupos econômicos, sendo classificado 1 como menor grupo e 6 como grupo com maior poder aquisitivo. Também foi avaliada a escolaridade da mãe, sendo categorizada em 6 níveis (1- Ensino fundamental incompleto; 2- Ensino fundamental completo; 3- Ensino médio incompleto; 4- Ensino médio completo; 5- Ensino superior incompleto; 6- Ensino superior completo).

### 3.3.6 Análise estatística

Os dados foram avaliados pela sua normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e as comparações entre o *baseline* e *follow-up* foram realizadas pelo teste T para amostras pareadas. A caracterização da amostra foi expressa em média e desvio padrão. O *tracking* da ACR foi avaliado pelo percentual de indivíduos que permaneceram na mesma classificação, e pelo índice *Kappa*. Os grupos de ACR foram comparados pelas Equações de Estimativas Generalizadas (GEE), sendo utilizados modelo Gamma e Tweedie, com controle pelas variáveis de confusão (nível socioeconômico; escolaridade da mãe; sexo; idade;  $\Sigma$  dobras cutâneas). Para as comparações entre as variáveis os dados foram expressos em média estimada e intervalo de confiança. Todas as análises foram realizadas no software SPSS V.26, sendo considerada significância de 5%.

## 3.4 RESULTADOS

A Tabela 3.1 apresenta a caracterização da amostra entre o *baseline* e *follow-up*, separadas pelo sexo. O tempo de *follow-up* se caracterizou em aproximadamente três anos e as variáveis de massa corporal, estatura, IMC, e  $VO_{2máx}$  apresentaram diferenças significantes entre o *Baseline* e *Follow-up*.

Entretanto, apenas as moças apresentaram diferenças para a  $\Sigma$  Dobras Cutâneas no qual o follow-up apresentou diferença de aproximadamente 9,2 mm ( $P < 0,05$ ). Enquanto para o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , observa-se aumento significativo para os rapazes ( $2,71 \pm 4,40$ ;  $P < 0,001$ ) e decréscimo para as moças ( $1,51 \pm 3,74$ ;  $P = 0,002$ ) entre os três anos de acompanhamento.

O *tracking* entre os três anos de acompanhamento foi de 78,3%, como apresentados na Tabela 3.2, com um índice *kappa* considerado moderado ( $K = 0,531$ ). Nota-se que os rapazes classificados como alta ACR (81,5%), desses apenas 9,2% alteraram sua classificação. Para as moças observa-se um maior equilíbrio entre as classificadas como baixa-baixa ACR (43,5%) e alta-alta ACR (34,8%), diferentemente dos rapazes que apenas 6,2% apresentava classificação baixa em ambos os momentos de avaliação.

**Tabela 3.1** - Caracterização da amostra no *Baseline* e *Follow-up* (3 anos).

	Rapazes (n=65)		Moças (n=69)	
	<i>Baseline</i>	<i>Follow-up</i>	<i>Baseline</i>	<i>Follow-up</i>
<b>Idade (Anos)</b>	11,7 $\pm$ 0,6	15,0 $\pm$ 0,7*	11,7 $\pm$ 0,5	14,9 $\pm$ 0,6*
<b>Massa Corporal (kg)</b>	46,1 $\pm$ 12,0	63,0 $\pm$ 13,9*	49,1 $\pm$ 13,3	61,2 $\pm$ 14,8*
<b>Estatura (cm)</b>	150,2 $\pm$ 7,0	170,9 $\pm$ 6,8*	153,4 $\pm$ 7,4	163,0 $\pm$ 7,2*
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	20,2 $\pm$ 4,3	21,5 $\pm$ 4,5*	20,7 $\pm$ 4,6	23,0 $\pm$ 5,0*
<b><math>\Sigma</math> Dobras Cutâneas (mm)</b>	31,7 $\pm$ 16,6	30,8 $\pm$ 16,0	34,7 $\pm$ 14,2	43,9 $\pm$ 15,4*
<b><math>VO_{2m\acute{a}x}</math> (ml. min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>)</b>	46,6 $\pm$ 6,4	49,3 $\pm$ 5,7*	39,43 $\pm$ 5,4	37,9 $\pm$ 5,9*
<b>Nível socioeconômico</b>	5,0 (4,0 – 6,0)		5,0 (4,0 – 5,0)	
<b>Escolaridade da Mãe</b>	4,0 (2,0 – 4,25)		4,0 (1,0 – 4,75)	

**Nota:** Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão e para as variáveis categóricas mediana e intervalo interquartil;  $\Sigma$  Dobras Cutâneas= Dobra tricipital + Subescapular. As comparações foram realizadas entre o *Baseline* e *Follow-up*. \* $P < 0,05$ . **Fonte:** o próprio autor.

**Tabela 3.2** - *Tracking* da aptidão cardiorrespiratória entre o Baseline e *follow-up*.

	Rapazes (65) %(n)	Moças (69) %(n)	Geral (134) %(n)
Baixa - Baixa	6,2 (4)	43,5 (30)	25,4 (34)
Baixa - Alta	12,3 (8)	10,1 (7)	11,2 (15)
Alta - Baixa	9,2 (6)	11,6 (8)	10,5 (14)
Alta - Alta	72,3 (47)	34,8 (24)	52,9 (71)
% <i>Tracking</i>	78,5	78,3	78,3
<i>Kappa</i>	0,235*	0,562 <sup>#</sup>	0,531 <sup>#</sup>

**Nota:** \* $P < 0,05$ ; <sup>#</sup> $P < 0,001$ . **Fonte:** o próprio autor.

Os grupos de *tracking* foram comparados em relação ao controle cognitivo e os resultados foram apresentados na Tabela 3.3. Quando avaliada as comparações lineares entre os grupos, nota-se que o tempo de reação para as respostas congruentes e incongruentes, o controle inibitório e o total score apresentaram diferenças significantes ( $P < 0,05$ ), apresentando melhores valores para o grupo classificado em alta-alta ACR. Enquanto que para as comparações em *pairwise* o grupo que se manteve como alta ACR em ambos os momentos apresentou melhores valores em relação ao grupo com pior classificação quanto a acurácia nas respostas congruentes (Diferença média: 6,403;  $P = 0,047$ ), tempo de reação congruente (Diferença média = - 0,16;  $P < 0,001$ ), tempo de reação incongruente (Diferença média = 0,23;  $P < 0,001$ ), controle inibitório (Diferença média: -6,3;  $P = 0,048$ ). Em relação ao grupo de trajetória que melhorou sua classificação passando de baixa para a alta, as diferenças foram encontradas quando comparado ao grupo com baixa ACR em ambos os momentos, para a acurácia incongruente (Diferença média = 7,22;  $P = 0,027$ ), e para o controle inibitório (Diferença média = -7,41;  $P = 0,02$ ).

As comparações referentes ao teste de Blocos de Corsi (*Block span*; *Total Score*), apresentou que o grupo que piorou sua condição, passando de Alta para baixa ACR apresentou diferenças significantes em ambos os resultados para o melhor grupo (Alta-Alta), exibindo melhores valores para o grupo com alta ACR, diferença média de 0,69 unidades no *Block Span* ( $P = 0,023$ ) e 13,88 unidades no total score ( $P = 0,06$ ). O grupo que melhorou sua condição (Baixa-alta) a diferença foi encontrada para o resultado no total score, resultando em melhores valores quando comparado ao grupo que diminui sua ACR.

**Tabela 3.3** - Comparação entre os grupos de trajetória segundo o FITNESSGRAM entre o *Baseline* e *Follow-up* para as variáveis do controle cognitivo em ambos os sexos (n=134).

	Grupos de Trajetória				P
	Baixa - Baixa <sup>1</sup> (n = 34)	Alta-Baixa <sup>2</sup> (n = 15)	Baixa-Alta <sup>3</sup> (n = 14)	Alta - Alta <sup>4</sup> (n = 71)	
<b>Stroop Test</b>					
Acurácia Congruente (%)	99,46 (99,03 – 99,88)	99,35 (98,80 – 99,91)	99,30 (98,37 – 100,0)	98,79 (98,2 – 99,4)	0,356
Acurácia Incongruente (%)	91,50 (85,47 – 97,96)	96,97 (92,74 – 100,0)	98,73 (97,40 – 100,0) <sup>1</sup>	97,90 (97,00 – 98,82) <sup>1</sup>	0,136
Tempo de Reação Congruente (s)	1,00 (0,92 – 1,08)	0,95 (0,85 – 1,06)	0,88 (0,77 – 1,01)	0,84 (0,81 – 0,88) <sup>1-2</sup>	0,002
Tempo de Reação Incongruente (s)	1,17 (1,05 – 1,30)	1,08 (0,89 – 1,30)	0,99 (0,80 – 1,23)	0,94 (0,89 – 0,99) <sup>1</sup>	0,007
Controle Inibitório (%)	8,48 (4,09 – 17,58)	2,89 (0,65 – 12,73)	1,06 (0,43 – 2,61) <sup>1</sup>	2,18 (1,50 – 3,17) <sup>1</sup>	0,049
<b>Blocos de Corsi</b>					
Block Span	5,62 (5,16 – 6,12)	5,31 (4,80 – 5,87)	5,92 (5,40 – 6,48)	6,0 (5,75 – 6,26) <sup>2</sup>	0,104
Total Score	47,59 (40,28 – 56,22)	40,30 (32,52 – 49,96)	54,08 (45,25 – 64,65) <sup>2</sup>	54,18 (49,61 – 59,18) <sup>2</sup>	0,034

**Nota:** Os valores foram expressos em Média estimada e Intervalo de confiança; as análises foram controladas por sexo, idade no *follow-up*, nível socioeconômico, escolaridade da mãe,  $\Sigma$ Dobras Cutâneas no *follow-up*; <sup>1</sup> Diferença Significante para o grupo Baixa - Baixa; <sup>2</sup> Diferença Significante para o grupo Alta – Baixa. **Fonte:** o próprio autor.

### 3.5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o *tracking* da ACR e comparar os grupos de *tracking* com as funções do controle cognitivo de adolescentes. Confirmando que adolescentes que mantem altos níveis de ACR possuem melhores resultados para acurácia em respostas mais difíceis, tempo de reação, controle inibitório e memória de trabalho.

Em relação ao *tracking* da ACR, nota-se que adolescentes tendem a manter sua classificação ao longo dos anos de acompanhamento, sendo que o índice *Kappa* para os meninos foi de 0,235 e para as meninas de 0,562. Werneck *et al.* (2019) apresentaram que o *tracking* é de aproximadamente 54% (*Kappa*=0,294), apresentando similaridade com os resultados encontrados no presente estudo. As alterações podem ser explicadas pelos processos maturacionais sofridos por adolescentes, como o crescimento e desenvolvimento das estruturas responsáveis pelo consumo de oxigênio. Os meninos sofrem maiores alterações na ACR em decorrência do aumento da musculatura e da produção de testosterona e hormônio do crescimento. Já para as meninas, esses processos maturacionais apresentam uma característica de aumento nos níveis de adiposidade corporal ocasionando um limite nos ganhos do  $VO_{2máx}$  (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009), conforme observado no presente estudo, meninas apresentam aumento significativo no  $\Sigma$  Dobras Cutâneas.

Adolescentes que se enquadram nos bons níveis de ACR no *follow-up*, possuem maior acurácia nas respostas incongruentes e maior controle inibitório, em comparação ao pior grupo de trajetória. Chaddock *et al.* (2012) realizaram um estudo longitudinal de 1 ano, em crianças ao fim da segunda infância, os resultados evidenciam que crianças classificadas em alta aptidão física apresentam maior acurácia no teste de *Flanker*, em relação aos seus pares. Do mesmo modo, Chaddock *et al.* (2010b) evidenciam que crianças com alta ACR apresentam maior controle de interferências em relação as classificadas com baixa ACR. Pode se dar ao fato de que as respostas incongruentes e de tarefas que necessitam dos processos de controle inibitório, são dependentes de maiores recursos cerebrais, principalmente dos processos *top-down* e consequentemente de maior *network* cerebral (KAMIJO *et al.*, 2016; TREISMAN;

GELADE, 1980), demonstrando que a ACR apresenta efeito significativo sobre esses processo.

Ademais, os resultados da presente pesquisa evidenciam um menor tempo de reação para as tarefas congruentes e incongruentes, para o grupo que manteve sua trajetória nos bons níveis de ACR. Nota-se que que a ACR pode responder em até 13% do tempo de reação e que essas relações são inversas. (CHADDOCK *et al.*, 2012; MOORE *et al.*, 2013; SCUDDER *et al.*, 2016). Ressaltando que apenas o grupo que se manteve com alta ACR no *baseline* e follow-up apresentou diferenças significantes, menor tempo de reação, para o tempo de reação comparado com o pior grupo e ao grupo que diminui seus níveis de ACR.

Quando avaliada a memória de trabalho viso-espacial, a partir do teste de Blocos de Corsi, os resultados apresentam ser melhores para os grupos enquadrados como Alta ACR no follow-up, pode-se dar ao fato de que maiores níveis de ACR promovem maior volume do hipocampo (CHADDOCK *et al.*, 2010a), e maior ativação das áreas do córtex responsáveis pela performance nos testes cognitivos, lóbulos frontais e temporais (HILLMAN *et al.*, 2009).

O menor tempo de reação, a maior acurácia e a melhor memória de trabalho, podem ser justificadas por alterações morfológicas e de processamento de sinais que as estruturas cerebrais sofrem em decorrência da ACR. Crianças com alta ACR, apresentam menor latência e maior ativação das regiões do córtex para o processamento do estímulo ocasionado pela tarefa de controle cognitivo, sendo avaliado a partir da latência e amplitude do P3 *event-related brain potential* (HILLMAN *et al.*, 2009; MOORE *et al.*, 2013), o P3 se refere-se ao maior pico de ativação cerebral.

Além desses processos elétricos, o menor tempo de reação, maior acurácia e maior controle inibitório, está correlacionado com maior volume das núcleos da base, principalmente da região Putamen e Globus pallidus, sendo que crianças com alta ACR possuem maiores volumes para ambas as regiões (CHADDOCK *et al.*, 2010b, 2012; ORTEGA *et al.*, 2017), essas regiões são responsáveis pelo processamento visual, processos de controle inibitório e pela memória espacial (ARON; POLDRACK; WISE, 2010).

Quando analisado os comportamentos longitudinais, nota-se que manter os bons níveis ou apresentar variações positivas sobre a ACR resultam em

efeitos significantes sobre funções do controle cognitivo. Scudder *et al.*, (2016) inferem que o aumento na ACR, ao longo dos anos, está relacionado com o aumento expressivo na acurácia das respostas incongruentes e no controle inibitório. Sendo que, uma possível explicação é que os efeitos da ACR sobre o controle cognitivo não apresentam sua influência de forma aguda, sendo ocasionados de forma crônica, como aumento dos processos sinápticos, neurogênese, mielinização, oxigenação e aumento das estruturas cerebrais (espessura do córtex, volume das glândulas da base e hipocampo), aumentando a performance cognitiva a partir da formação de estratégias mais elaboradas ocasionadas pelos processos *top-down*.

As limitações do presente estudo, se dá pela falta de análise da ativação cerebral ou morfologia das estruturas cerebrais e pela avaliação das funções cognitivas apenas no *follow-up*. Entretanto, como pontos fortes, se dá pelo fato da avaliação de diferentes funções do controle cognitivo, pelo estudo longitudinal com três anos de acompanhamento, e pela faixa etária dos adolescentes, visto que a maioria dos estudos foram realizados com crianças (VALKENBORGHS *et al.*, 2019). Além da avaliação de aptidão cardiorrespiratória em ambos os momentos, *baseline* e *follow-up*, sendo possível analisar a manutenção dos níveis de aptidão cardiorrespiratória.

### 3.6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a ACR apresenta impactos positivos sobre as funções do controle cognitivo (tempo de reação, controle inibitório e memória de trabalho) evidenciando que a manutenção dos altos níveis de ACR resulta em maiores valores de controle cognitivo. Do mesmo modo, mudar sua trajetória para a alta ACR durante a adolescência, também resulta em melhores funções cognitivas. Desse modo, futuras intervenções devem visar em aumentar os níveis de ACR de adolescentes para confirmar se a alteração da aptidão cardiorrespiratória promove melhoras nas funções cognitivas.

## REFERÊNCIAS

ARON, A. R.; POLDRACK, R. A.; WISE, S. P. Cognition: Basal ganglia role. In: **Encyclopedia of neuroscience**. Elsevier Ltd, 2010. p. 1069–1077.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. Critério de classificação econômica Brasil. 2015. Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>

BARBAROTTO, R. *et al.* A normative study on visual reaction times and two Stroop colour-word tests. **Neurological Sciences**, v. 19, n. 3, p. 161–170, 1998.

BOTVINICK, M. M. *et al.* Conflict monitoring and cognitive control. **Psychological Review**, v. 108, n. 3, p. 624–652, 2001.

BRUNETTI, R. *et al.* Did I see your hand moving? The effect of movement-related information on the corsi block tapping task. **Psychological research**, v. 82, n. 3, p. 459–467, 2018.

BUCK, S. M.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M. The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 1, p. 166–172, 2008.

CHADDOCK, L. *et al.* A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. **Brain Research**, v. 1358, p. 172–183, 2010. a.

CHADDOCK, L. *et al.* Basal Ganglia Volume Is Associated with Aerobic Fitness in Preadolescent Children. **Developmental Neuroscience**, v. 32, n. 3, p. 249–256, 2010. b.

CHADDOCK, L. *et al.* A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 17, n. 6, p. 975–985, 2011.

CHADDOCK, L. *et al.* Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 5, p. 421–430, 2012.

DE BRUIJN, A. G. M. *et al.* Exploring the relations among physical fitness, executive functioning, and low academic achievement. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 167, p. 204–221, 2018.

DONNELLY, J. E. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 6, p. 1197–1222, 2016.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human kinetics Books, p. 3–8, 1988.

HANSEN, D. M. *et al.* Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 12, p. 2279–2285, 2014.

HARRISON, G. G. *et al.* Skinfold thicknesses and measurement technique. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.). **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human Kinetics Books, 1988. p. 55–70.

HILLMAN, C. H. *et al.* Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. **Developmental Psychology**, v. 45, n. 1, p. 114–129, 2009.

HILLMAN, C. H.; BIGGAN, J. R. A Review of Childhood Physical Activity, Brain, and Cognition: Perspectives on the Future. **Pediatric Exercise Science**, v. 29, n. 2, p. 170–176, 2017.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 9, n. 1, p. 58, 2008.

KAMIJO, K. *et al.* The relationship between childhood aerobic fitness and brain functional connectivity. **Neuroscience Letters**, v. 632, p. 119–123, 2016.

KESSELS, R. P. C. *et al.* The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. **Applied Neuropsychology**, v. 7, n. 4, p. 252–258, 2000.

LEGER, L. A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 49, n. 1, p. 1–12, 1982.

MAHAR, M. T. *et al.* Estimation of aerobic fitness from 20-m multistage shuttle run test performance. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 41, n. 4 SUPPL. 2, p. S117–S123, 2011.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, maturação e atividade física**. Phorte São Paulo, 2009.

MEEUSEN, R. *et al.* **Physical Activity and Educational Achievement: Insights from Exercise Neuroscience**. Taylor & Francis Group, 2018.

MOORE, R. D. *et al.* Aerobic fitness and intra-individual variability of neurocognition in preadolescent children. **Brain and Cognition**, v. 82, n. 1, p. 43–57, 2013.

ORTEGA, F. B. *et al.* Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. **International Journal of Obesity**, v. 32, n. 1, p. 1–11, 2008.

ORTEGA, F. B. *et al.* Physical fitness and shapes of subcortical brain structures in children. **British Journal of Nutrition**, p. 1–10, 2017.

RAINE, L. B. *et al.* Aerobic Fitness and Context Processing in Preadolescent Children. **Journal of physical activity & health**, v. 13, n. 1, p. 94–101, 2016.

SCARPINA, F.; TAGINI, S. The stroop color and word test. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1–8, 2017.

SCUDDER, M. R. *et al.* Tracking the relationship between children's aerobic fitness and cognitive control. **Health Psychology**, v. 35, n. 9, p. 967–978, 2016.

TREISMAN, A. M.; GELADE, G. A feature-integration theory of attention. **Cognitive psychology**, v. 12, n. 1, p. 97–136, 1980.

VALKENBORGHES, S. R. *et al.* The impact of physical activity on brain structure and function in youth: A systematic review. **Pediatrics**, v. 144, n. 4, 2019.

WERNECK, A. O. *et al.* Tracking of cardiorespiratory fitness from childhood to early adolescence: Moderation effect of somatic maturation. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 3, p. 338–344, 2019.

WILLIAMS, S. E. *et al.* Anxiety symptom interpretation: A potential mechanism explaining the cardiorespiratory fitness-anxiety relationship. **Journal of Affective Disorders**, v. 193, p. 151–156, 2016.

## CAPÍTULO 4

### 4. ARTIGO ORIGINAL

#### 4.1 ASSOCIAÇÃO ENTRE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA E O CONTROLE COGNITIVO: A MATURIDADE É UM IMPORTANTE MEDIADOR?

##### RESUMO

**Objetivo:** Identificar o possível papel mediador da maturidade somática sobre a associação da aptidão cardiorrespiratória (ACR) e as funções controle cognitivo. **Métodos:** A presente pesquisa tem caráter longitudinal de três anos, com *baseline* em 2016 e *follow-up* em 2019. No primeiro momento foram coletados dados de 394 adolescentes ( $11,7 \pm 0,6$  anos), no *follow-up* foram coletados dados de 134 adolescentes ( $14,9 \pm 0,7$  anos). Em ambos os momentos foram coletados dados referentes a antropometria, composição corporal e *Shuttle Run* – 20m para avaliação do  $VO_{2máx}$ , também foi realizado o cálculo do pico de velocidade de crescimento (PVC). No *follow-up* foram incluídas as variáveis sociodemográficas e de função do controle cognitivo, com o intuito de verificar o controle inibitório (Stroop teste) e a memória de trabalho viso-espacial (Blocos de Corsi). As associações entre a ACR e as funções cognitivas foram realizadas pela regressão linear múltipla e a mediação teve como variável mediadora o PVC. **Resultados:** A ACR apresenta associações transversais com o tempo de reação nas respostas congruentes ( $\beta=-0,004$ ;  $P=0,004$ ) e incongruentes ( $\beta=-0,005$ ;  $P=0,014$ ), também com o controle inibitório ( $\beta=-0,332$ ;  $P=0,049$ ). Enquanto as análises longitudinais, demonstram que a variação no  $VO_{2máx}$ , ao longo dos três anos, possui impacto significativo sobre o tempo de reação das respostas congruentes ( $\beta=-0,008$ ). Entretanto, o PVC não apresentou associação significativa com as funções cognitivas, não indicando papel mediador. **Conclusão:** As associações entre a ACR e as funções cognitivas apresentam impactos transversais e longitudinais, por outro lado a maturidade somática não mostrou efeitos sobre as funções de controle cognitivo, possuindo apenas associação com a ACR.

**Palavras-chave:** Cognição; Desenvolvimento; Função Executiva; Memória de Trabalho; Aptidão Física; Maturidade.

## 4.2 INTRODUÇÃO

A maturidade dos sistemas corporais apresenta influência sobre a aptidão cardiorrespiratória (ACR), dos quais indivíduos com classificação no tempo, apresentam maiores valores para a ACR quando comparados aos atrasados (WERNECK *et al.*, 2018), e quando analisada as interações entre a o pico de velocidade de crescimento (PVC) e a ACR, essas possuem valores positivos, demonstrando interação direta entre maturidade e ACR (WERNECK *et al.*, 2019).

Isso pode se dar ao fato de que o crescimento e desenvolvimento dos sistemas corporais influenciam diretamente a ACR, para os meninos a passagem pelo PVC resulta em aumento expressivo na liberação de hormônios sexuais e do crescimento, responsáveis pelo aumento do sistema musculoesquelético (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009), indicando os efeitos da maturidade sobre a ACR.

Ao relacionar a ACR com o desempenho cognitivo, nota-se que os efeitos da ACR são positivos sobre a memória de trabalho (RAINE *et al.*, 2016; SCUDDER *et al.*, 2016), sobre o controle inibitório e tempo de reação (CHADDOCK *et al.*, 2010a, 2012; SCUDDER *et al.*, 2016) e sobre o *network* cerebral (KAMIJO *et al.*, 2016). Ao avaliar as relações longitudinais, nota-se que o aumento da ACR responde em 53% a variação na acurácia, e a ACR pode responder em aproximadamente 13% o tempo de reação e 10% da acurácia no *Flanker* teste (SCUDDER *et al.*, 2016).

Quando avaliado os processos maturacionais e o desempenho das funções cognitivas, nota-se que a maturação cerebral, principalmente do córtex pré-frontal é de extrema importância para o melhor controle cognitivo (CHADDOCK *et al.*, 2011). Mesmo que o cérebro atinja 95% do seu tamanho aos seis anos de idade, o seu desenvolvimento não está completo, sendo que o aumento da neurogênese, da conectividade cerebral, da arborização dos dendritos e de outros processos cerebrais, tem seu pico durante a adolescência e alguns podem ocorrer durante toda a vida (KHAN; HILLMAN, 2014; MEEUSEN *et al.*, 2018; PATTON; VINER, 2007).

Entretanto, pouco se sabe qual é a relação ou impacto dos processos maturacionais de outros sistemas corporais sobre o controle cognitivo. Ao avaliar

os efeitos da maturidade óssea, Goldstein (1987) encontra pequenos efeitos da maturidade óssea sobre a capacidade cognitiva, sendo possivelmente justificado por mudanças no desenvolvimento físico e endócrino. A liberação hormônios sexuais, principalmente pela testosterona, a qual está envolvida na ativação de proteínas específicas da sinaptogênese, ou pode promover maior ativação do córtex pré-frontal (KOUTSANDRÉOU *et al.*, 2015; PATTON; VINER, 2007). Além disso, a avaliação das mudanças no desenvolvimento físico, são avaliadas pela maturidade somática. Indivíduos que passaram pelo PVC apresentam maiores habilidades motoras e maiores níveis hormonais (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009), podendo refletir diretamente sobre o controle cognitivo.

Muitos estudos utilizam a maturidade como variável de confusão, pela maturidade sexual (CHADDOCK *et al.*, 2010b, 2012; HAAPALA *et al.*, 2019; MOORE *et al.*, 2013) ou pelo PVC (MORA-GONZALEZ *et al.*, 2019). Entretanto, o possível papel de confusão da maturidade na relação da ACR com o controle cognitivo ainda necessita ser elucidada pela literatura. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo identificar o possível papel mediador da maturidade somática sobre a associação da ACR e o controle cognitivo.

#### 4.3 MÉTODOS

##### 4.3.1 Seleção da Amostra e Delineamento Experimental

Foram coletados dados de 394 adolescentes (11,7 anos) ao baseline, dos quais são 52% do sexo feminino. No *follow-up*, três anos após, foram encontrados 155 sujeitos (15 anos), desses 47% rapazes. Só participaram da pesquisa aqueles que possuísem os Termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e o Termo de assentimento (TA). A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, sob pareceres de número 1.281.324 de 09/10/2015 e 3.679.195 de 03/11/2019.

Juntamente com o TCLE foi entregue um questionário aos pais com uma questão referente se o aluno apresentava alguma dificuldade de aprendizagem. Os alunos que foram identificados com a dificuldade de aprendizagem foram excluídos a pesquisa.

Foi realizado um cálculo amostral, pelo software Gpower<sup>®</sup>, para análises de regressão linear múltipla, com um poder de 95%, um erro de 5%, tamanho de

efeito de 0,15 e com cinco preditores. O cálculo amostral resultou em 138 indivíduos.

Todas as avaliações foram realizadas de forma individualizada sem a influência de outros participantes, os testes cognitivos foram realizados em ambiente silencioso e sem ruídos.

#### 4.3.2 Antropometria

A massa corporal foi mensurada em uma balança portátil de leitura digital (Seca<sup>®</sup>, modelo 813) com precisão de 0,1 kg, a estatura e altura tronco-cefálica foi determinada em um estadiômetro portátil (Harpenden<sup>®</sup>), com precisão de 0,1 cm, os procedimentos seguiram a padronização de Gordon *et al.* (1988). A espessura das dobras cutâneas (tricipital e subescapular) foram avaliadas por um adipômetro científico (Lange<sup>®</sup>, Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD), de acordo com as técnicas previamente estabelecidas (HARRISON *et al.*, 1988).

O erro técnico de medida aparentou estar adequado para as medidas antropométricas de estatura e dobras cutâneas, nas quais o valor do coeficiente de correlação intraclasse foi alto ( $CCI > 0,965$ ) para todas as medias e o erro técnico absoluto foi de 0,4 e 0,57cm para a estatura e altura tronco-cefálica respectivamente, e de 1,3mm para a dobra cutânea tricipital e 0,96mm para subescapular.

#### 4.3.3 Maturidade Somática

Para a estimativa da maturidade somática foi utilizada o Pico de Velocidade de Crescimento (PVC): O protocolo para o início da maturidade (maturity offset) ou a distância em anos da IPVC, foi estimado mediante a aplicação da equação proposta por Mirwald *et al.* (2002), com utilização de dados antropométricos (estatura, altura sentada e comprimentos dos membros inferiores), idade cronológica (IC) e massa corporal.

#### 4.3.4 Aptidão Cardiorrespiratória

Para estimar a Aptidão Cardiorrespiratória (ACR), realizou-se o teste *Shuttle Run* de 20 metros (SR-20m), seguiu-se as recomendações de Léger e Lambert (1982) para a finalização e procedimentos do teste. O teste de *Shuttle Run* se caracteriza por uma corrida intermitente com distância de 20 metros, o teste inicia em uma velocidade de 8,5 Km/h e a cada minuto ocorre um incremento de 0,5 Km/h. O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) foi calculado a partir da equação quadrática proposta por Mahar *et al.* (2011). Sendo que o  $\Delta$  foi calculado da seguinte maneira:  $VO_{2máx} \text{ follow-up} - VO_{2máx} \text{ baseline}$ .

#### 4.3.5 Testes do Controle Cognitivo

##### 4.3.5.1 Blocos de Corsi

O teste de Blocos de Corsi (BC) foi realizado para verificar a memória de trabalho e viso espacial, a priori todos os participantes tiveram uma tentativa para adaptação e aprendizagem. Este teste consiste em memorizar cubos que piscam em uma tela de computador. A tarefa começa com dois cubos piscando em meio a nove cubos dispostos na tela, e aumenta progressivamente. O participante tenta reproduzir a sequência na mesma ordem. Sequências cada vez mais longas são geradas até que o limite do desempenho do indivíduo é atingido. Caso os participantes não memorizassem sequência, em duas respostas erradas no mesmo nível do teste ele é interrompido. O período de teste (extensão BC) e pontuação total (pontuação total BC) foram adotados como indicadores de desempenho (BRUNETTI *et al.*, 2018; KESSELS *et al.*, 2000).

##### 4.3.5.2 Stroop teste

A tarefa de Stroop foi realizada a partir de respostas congruentes e incongruentes de cores descritas, ou seja, o teste apresenta duas tarefas possíveis para quatro cores diferentes, a cor escrita pode estar pintada em cores diferentes, resposta incongruente, ou estar na mesma cor, congruente. O avaliado desempenhou 100 respostas aleatórias das tarefas congruentes e

incongruentes, nas quais serão analisados o controle inibitório (% de acertos incongruentes – % de acertos congruentes), tempo de reação para ambos os estímulos e número de acertos em cada uma das respostas. Todos os indivíduos tiveram uma execução do teste para adaptação a tarefa (BARBAROTTO *et al.*, 1998; SCARPINA; TAGINI, 2017).

#### 4.3.6 Variável sociodemográfica

Para identificar o nível socioeconômico dos alunos foi utilizado um questionário proposto pela Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (2015). Sendo classificados em 6 grupos econômicos, sendo classificado 1 como menor grupo e 6 como grupo com maior poder aquisitivo. Também foi avaliada a escolaridade da mãe, sendo categorizada em 6 níveis (1- Ensino fundamental incompleto; 2- Ensino fundamental completo; 3- Ensino médio incompleto; 4- Ensino médio completo; 5- Ensino superior incompleto; 6-Ensino superior completo).

#### 4.3.7 Análise estatística

Os dados foram avaliados pela sua normalidade pela avaliação da assimetria e curtose, as variáveis que não apresentaram distribuição normal foram transformadas para  $\text{Log}_{10}$ . As comparações entre o *baseline* e *follow-up* foram realizadas pelo teste T para amostras pareadas e caracterização da amostra foi expressa em média e desvio padrão. A análise de regressão linear múltipla foi realizada para identificar as relações entre as variáveis de controle cognitivo e a aptidão cardiorrespiratória, para os modelos de regressão foram inseridas apenas as correlações que apresentassem  $P < 0,20$ .

Os modelos de regressões, que apresentaram significância, foram testados para as mediações, sendo a possível variável mediadora o pico de velocidade de crescimento (PVC), as análises de mediação seguiram os pressupostos de Baron e Kenny (1986), sendo controlada pelas variáveis de confusão (sexo, nível socioeconômico, composição corporal). Para as análises de mediação, seguiu-se os seguintes pressupostos: (a) na primeira equação, a variável independente deve ser preditora da variável mediadora; (b) na segunda

equação a variável mediadora deve ser preditora da variável dependente, controlada pela independente; (c') a variável mediadora deve diminuir a associação entre a variável independente e dependente. Todas as análises foram realizadas no software SPSS V.26, sendo considerada significância de 5%.

#### 4.4 RESULTADOS

A Tabela 4.1 apresenta a caracterização da amostra para os valores no *baseline* e *follow-up* com 3 anos de acompanhamento, estratificados pelo sexo. Os resultados evidenciam diferenças significantes para a massa corporal, estatura e PVC, sendo maior no *follow-up*. Para o somatório das dobras cutâneas (Tricipital + Subescapular), nota-se aumento para as meninas ( $\Delta = 9,1\text{mm}$ ;  $P < 0,05$ ), enquanto para os meninos ocorre decréscimo ( $\Delta = -0,9\text{mm}$ ;  $P < 0,05$ ). O mesmo comportamento é observado para a ACR, no qual as meninas apresentam diminuição de  $1,5 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e os meninos aumento de  $2,7 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Os valores dos testes de função cognitiva também foram apresentados na Tabela 4.1.

As regressões lineares múltiplas são encontradas na Tabela 4.2, os valores de efeito direto, demonstram significância para o Tempo de Reação congruente e incongruente e para o controle inibitório quando associados a ACR no *follow-up*, resultando em relações inversas para todas as variáveis, das quais o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  no *follow-up*, pode responder cerca de 16% do tempo de reação e 6% do controle inibitório. Enquanto a variação nos valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ , controladas pelos valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  no *baseline*, demonstram impactos significantes sobre o tempo de reação congruente ( $\beta = -0,008$ ; IC = - 0,008 – 0,000) e possuem poder de explicação de 20%.

A Figura 4.1 apresenta os 4 modelos de mediação pelo PVC, para as variáveis de controle cognitivo que apresentaram significância com a ACR. Os resultados demonstram que o PVC não apresenta efeitos significantes sobre o controle cognitivo ou sobre a ACR, visto que os valores de “a” e “b” não apresentam significância. Também, quando avaliado a significância dos intervalos de confiança dos efeitos indiretos, os resultados não possuem

significância. Desse modo inferindo que a maturidade somática não apresenta papel mediador da relação entre a ACR e as funções do controle cognitivo (Tempo de reação e controle inibitório).

**Tabela 4.1** - Caracterização da amostra estratificada pelo sexo *entre o baseline e follow-up*.

	Rapazes (65)			Moças (69)		
	<i>Baseline</i>	<i>Follow-up</i>	$\Delta$	<i>Baseline</i>	<i>Follow-up</i>	$\Delta$
<b>Idade (anos)</b>	11,7 $\pm$ 0,6	14,9 $\pm$ 0,7*	3,2	11,6 $\pm$ 0,5	14,9 $\pm$ 0,5*	3,2
<b>Massa corporal (Kg)</b>	46,1 $\pm$ 11,9	63,0 $\pm$ 13,9*	16,9	49,1 $\pm$ 13,3	61,1 $\pm$ 14,8*	12,0
<b>Estatura (m)</b>	150,1 $\pm$ 7,0	170,8 $\pm$ 6,8*	20,7	153,4 $\pm$ 7,4	163,0 $\pm$ 7,1*	9,5
<b><math>\Sigma</math> D.C(mm)</b>	31,7 $\pm$ 16,6	30,7 $\pm$ 16,0	-0,9	34,7 $\pm$ 14,2	43,8 $\pm$ 15,4*	9,1
<b>VO<sub>2</sub>máx (ml.Kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)</b>	46,5 $\pm$ 6,3	49,3 $\pm$ 5,5*	2,7	39,4 $\pm$ 5,3	37,9 $\pm$ 5,9*	-1,5
<b>PVC (Anos)</b>	-1,84 $\pm$ 0,6	1,0 $\pm$ 0,8*	2,8	-0,02 $\pm$ 0,6	2,2 $\pm$ 0,5*	2,2
<b>Nível Socioeconômico</b>	-	4,9 $\pm$ 0,9		-	4,5 $\pm$ 1,0	
<b>Escolaridade da Mãe</b>	-	3,4 $\pm$ 1,6		-	3,3 $\pm$ 1,7	
<b>Stroop Test</b>						
Acurácia Congruente (%)	-	97,9 $\pm$ 3,0		-	99,6 $\pm$ 0,96	
Acurácia Incongruente (%)	-	96,8 $\pm$ 7,0		-	95,5 $\pm$ 10,9	
Tempo de Reação Congruente (s)	-	0,85 $\pm$ 0,1		-	0,93 $\pm$ 0,1	
Tempo de Reação Incongruente (s)	-	0,9 $\pm$ 0,2		-	1,06 $\pm$ 0,2	
Controle Inibitório (%)	-	3,0 $\pm$ 6,6		-	4,3 $\pm$ 10,7	
<b>Blocos de Corsi</b>						
Block Span	-	6,0 $\pm$ 1,0		-	5,6 $\pm$ 1,1	
Total Score	-	54,7 $\pm$ 19,8		-	48,1 $\pm$ 19,5	

**Nota:** Os valores foram expressos em média e desvio padrão. O  $\Delta$  representa a diferença média entre o *Follow-up* e *Baseline*. Para os valores de nível socioeconômico, escolaridade da mãe, Stroop teste e Blocos de Corsi são descritos para o follow-up. \*Diferença significativa entre *Baseline* e *Follow-up*,  $P < 0,05$ .

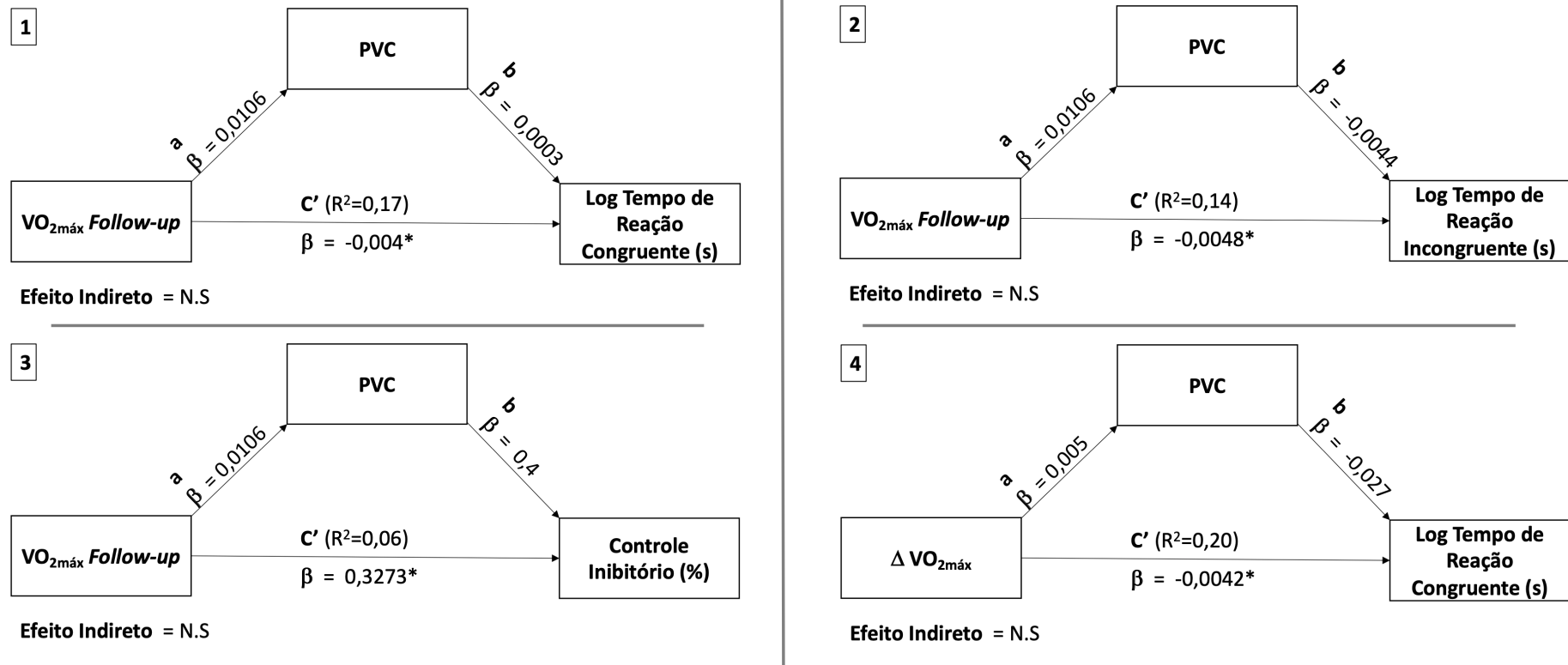
**Fonte:** o próprio autor.

**Tabela 4.2** - Modelos de regressão linear entre o consumo máximo de oxigênio e as funções cognitivas (n=134).

<b>Log Tempo de Reação Congruente (s)</b>	<b><math>\beta</math> (IC 95%)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
$\Delta VO_{2m\acute{a}x}$	<b>-0,008 (-0,008 – 0,000)</b>	<b>0,20</b>	<b>0,048</b>
<b><math>VO_{2m\acute{a}x}</math> <i>Follow-up</i></b>	<b>-0,004 (-0,007 – -0,001)</b>	<b>0,17</b>	<b>0,004</b>
<b>Log Tempo de Reação Incongruente (s)</b>	<b><math>\beta</math> (IC 95%)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
$\Delta VO_{2m\acute{a}x}$	-0,005 (-0,011 – 0,001)	0,16	0,090
<b><math>VO_{2m\acute{a}x}</math> <i>Follow-up</i></b>	<b>-0,005 (-0,008 – -0,001)</b>	<b>0,14</b>	<b>0,014</b>
<b>Controle Inibitório (%)</b>	<b><math>\beta</math> (IC 95%)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
$\Delta VO_{2m\acute{a}x}$	-0,258 (-0,736 – 0,221)	0,06	0,287
<b><math>VO_{2m\acute{a}x}</math> <i>Follow-up</i></b>	<b>-0,332 (-0,661 – -0,002)</b>	<b>0,06</b>	<b>0,049</b>
<b>Block Span</b>	<b><math>\beta</math> (IC 95%)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
$\Delta VO_{2m\acute{a}x}$	0,026 (-0,033 – 0,085)	0,09	0,379
$VO_{2m\acute{a}x}$ <i>Follow-up</i>	0,027 (-0,011 – 0,064)	0,09	0,167
<b>Total Score</b>	<b><math>\beta</math> (IC 95%)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
$\Delta VO_{2m\acute{a}x}$	0,525 (-0,537 – 1,587)	0,09	0,329
$VO_{2m\acute{a}x}$ <i>Follow-up</i>	0,523 (-0,151 – 1,197)	0,08	0,127

**Nota:** As análises foram controladas por sexo, escolaridade da mãe e nível socioeconômico; para as análises de  $\Delta VO_{2m\acute{a}x}$  foi adicionado o controle pelo  $VO_{2m\acute{a}x}$  no *baseline*; IC 95%: Intervalo de confiança a 95%; R<sup>2</sup>: coeficiente de explicação do modelo. Variáveis em negrito apresentaram significância para  $P < 0,05$ . **Fonte:** o próprio autor.

**Figura 4.1** - Modelos de Mediação do PVC na relação entre o consumo máximo de oxigênio e funções do controle cognitivo (n=134).



**Nota:** Todas as análises foram controladas por sexo, nível socioeconômico e escolaridade da mãe; Para a análise de  $\Delta VO_{2m\acute{a}x}$  foi adicionado o controle pelo  $VO_{2m\acute{a}x}$  no *baseline*;  $R^2$ : coeficiente de explicação do modelo; PVC = Pico de velocidade de crescimento; LOG = Normalização das variáveis por  $\text{Log}_{10}$ ; N.S= não significativa;  $*P < 0,05$ . **Fonte:** o próprio autor.

#### 4.5 DISCUSSÃO

O objetivo principal de verificar o papel mediador da maturidade somática, pelo PVC, sobre as associações da ACR com as funções do controle cognitivo. Os resultados do presente estudo, demonstram relações transversais significantes entre a ACR o tempo de reação e com controle inibitório. Do mesmo modo, aumentar os níveis de  $VO_{2máx}$  está relacionado com o menor tempo de reação, demonstrando impactos longitudinais da ACR sobre o controle cognitivo. Entretanto, o PVC não aparenta ser mediador da associação da ACR com as funções do controle cognitivo.

As associações da ACR com as funções do controle cognitivo demonstram que quanto maior o  $VO_{2máx}$ , menor o tempo de reação das respostas nas tarefas de controle cognitivo e maior controle inibitório. Além disso, o aumento da ACR também apresenta associações significantes com o tempo de reação, possuindo poder de explicação de 20%. Outro estudo, também apresenta característica semelhante, na qual a ACR de crianças (8 – 10 anos) apresenta poder de explicação de 19% para o tempo de reação nas respostas congruentes e 20% nas respostas incongruentes (MOORE *et al.*, 2013). Bruijn *et al.* (2018), encontraram associações diretas com o controle inibitório, sendo que a ACR possui associação significativa com essa variável ( $\beta = 0,15$ ).

Isso pode se dar ao fato de que maiores níveis de ACR podem levar a alterações morfológicas e de ativação cerebral, resultando no aumento das sinapses, aumento da espessura do córtex frontal e núcleos da base, ocasionando diminuição na interferência neural, maior eficiência do sistema cognitivo e aumento na velocidade do processamento dos sinais (ARON; POLDRACK; WISE, 2010; CHADDOCK *et al.*, 2010a, 2011; KHAN; HILLMAN, 2014).

As associações entre a variável mediadora (PVC) e as funções de controle cognitivo, bem como sobre a ACR, não são significantes, demonstrando que a maturidade somática não apresenta efeitos sobre a associação da ACR com o controle cognitivo, pode ser justificado por conta de que muitos dos sujeitos da amostra do presente estudo já haviam passado pelo PVC, não sendo possível avaliar indivíduos pré e pós PVC. Outro embasamento teórico para esses resultados, é que o crescimento dos sistemas e alterações no tamanho corporal,

ocorram em tempos diferentes ao desenvolvimento do sistema cognitivo ou de outros sistemas (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009).

Especula-se que efeitos maiores sejam encontrados ao associar os hormônios sexuais com o controle cognitivo, visto que esses possuem receptores no citoplasmas das células neurais, promovendo o aumento das formações de novas sinapses e resultando em maior excitação do córtex frontal e pré-frontal, que são responsáveis pelas funções do controle cognitivo (KOUTSANDRÉOU *et al.*, 2015; PATTON; VINER, 2007).

As limitações do presente estudo estão pela avaliação das funções do controle cognitivo apenas no follow-up, não sendo possível realizar uma análise da variação do controle cognitivo, também pelo fato das análises não serem estratificadas pelo sexo. Como pontos fortes, têm-se por avaliar o papel mediador da maturidade somática, por avaliar diferentes funções do controle cognitivo e por ser um estudo de caráter longitudinal. Recomenda-se que estudos futuros avaliem o papel mediador de outros processos maturacionais sobre a ACR e as funções de controle cognitivo.

#### 4.6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a ACR é um possível preditor das funções cognitivas nas análises transversais e longitudinais, sugerindo que independente dos níveis de  $VO_{2máx}$ , promover o aumento desses níveis resulta em melhores tempos de reação. Entretanto, as alterações no crescimento corporal, avaliado pela maturidade somática, não resulta em impactos sobre as associações da ACR e o tempo de reação ou o controle inibitório. Desse modo, estudos futuros com adolescentes devem buscar os impactos de outros processos maturacionais sobre a ACR e o controle cognitivo.

#### REFERÊNCIAS

ARON, A. R.; POLDRACK, R. A.; WISE, S. P. Cognition: Basal ganglia role. In: **Encyclopedia of neuroscience**. Elsevier Ltd, 2010. p. 1069–1077.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. Critério de

classificação econômica Brasil. 2015. Disponível em:  
<<http://www.abep.org/criterio-brasil>>

BARBAROTTO, R. *et al.* A normative study on visual reaction times and two Stroop colour-word tests. **Neurological Sciences**, v. 19, n. 3, p. 161–170, 1998.

BARON, R. M.; KENNY, D. A. The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 51, n. 6, p. 1173–1182, 1986.

BRUNETTI, R. *et al.* Did I see your hand moving? The effect of movement-related information on the corsi block tapping task. **Psychological research**, v. 82, n. 3, p. 459–467, 2018.

CHADDOCK, L. *et al.* Basal Ganglia Volume Is Associated with Aerobic Fitness in Preadolescent Children. **Developmental Neuroscience**, v. 32, n. 3, p. 249–256, 2010. a.

CHADDOCK, L. *et al.* A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. **Brain Research**, v. 1358, p. 172–183, 2010. b.

CHADDOCK, L. *et al.* A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 17, n. 6, p. 975–985, 2011.

CHADDOCK, L. *et al.* Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 5, p. 421–430, 2012.

DE BRUIJN, A. G. M. *et al.* Exploring the relations among physical fitness, executive functioning, and low academic achievement. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 167, p. 204–221, 2018.

GOLDSTEIN, H. S. Skeletal Maturity and Cognitive Development of 12- To 17-Year-Old Males. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 29, n. 3, p. 348–350, 1987.

GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human kinetics Books, p. 3–8, 1988.

HAAPALA, E. A. *et al.* Longitudinal Associations of Fitness, Motor Competence, and Adiposity with Cognition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 3, p. 465–471, 2019.

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

p. 55–70.

KAMIJO, K. *et al.* The relationship between childhood aerobic fitness and brain functional connectivity. **Neuroscience Letters**, v. 632, p. 119–123, 2016.

KESSELS, R. P. C. *et al.* The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. **Applied Neuropsychology**, v. 7, n. 4, p. 252–258, 2000.

KHAN, N. A.; HILLMAN, C. H. The Relation of Childhood Physical Activity and Aerobic Fitness to Brain Function and Cognition: A Review. **Pediatric Exercise Science**, v. 26, n. 2, p. 138–146, 2014.

KOUTSANDRÉOU, F. *et al.* Acute Exercise and Cognition in Children and Adolescents: The Roles of Testosterone and Cortisol. In: MCMORRIS, T. (Ed.). **Exercise-Cognition Interaction: Neuroscience Perspectives**. London: Elsevier Science, 2015. p. 504.

LEGER, L. A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 49, n. 1, p. 1–12, 1982.

MAHAR, M. T. *et al.* Estimation of aerobic fitness from 20-m multistage shuttle run test performance. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 41, n. 4 SUPPL. 2, p. S117–S123, 2011.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, maturação e atividade física**. Phorte São Paulo, 2009.

MEEUSEN, R. *et al.* **Physical Activity and Educational Achievement: Insights from Exercise Neuroscience**. Taylor & Francis Group, 2018.

MIRWALD, R. L. *et al.* An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 689–694, 2002.

MOORE, R. D. *et al.* Aerobic fitness and intra-individual variability of neurocognition in preadolescent children. **Brain and Cognition**, v. 82, n. 1, p. 43–57, 2013.

MORA-GONZALEZ, J. *et al.* Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 29, n. 9, p. 1352–1363, 2019.

PATTON, G. C.; VINER, R. Pubertal transitions in health. **Lancet**, v. 369, n. 9567, p. 1130–1139, 2007.

RAINE, L. B. *et al.* Aerobic Fitness and Context Processing in Preadolescent Children. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 13, n. 1, p. 94–101, 2016.

SCARPINA, F.; TAGINI, S. The stroop color and word test. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1–8, 2017.

SCUDDER, M. R. *et al.* Tracking the relationship between children's aerobic fitness and cognitive control. **Health Psychology**, v. 35, n. 9, p. 967–978, 2016.

WERNECK, A. de O. *et al.* Social, behavioral and biological correlates of cardiorespiratory fitness according to sex, nutritional status and maturity status among adolescents. A cross-sectional study. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 136, n. 3, p. 237–244, 2018.

WERNECK, A. O. *et al.* Tracking of cardiorespiratory fitness from childhood to early adolescence: Moderation effect of somatic maturation. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 3, p. 338–344, 2019.

## CAPÍTULO 5

### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação buscou avançar no entendimento da relação da aptidão cardiorrespiratória (ACR) com as funções de controle cognitivo, mais específico do controle inibitório e da memória de trabalho, bem como de quais são os efeitos da maturidade somática sobre o controle cognitivo em adolescentes, por meio de dois artigos originais.

Ambos os artigos são de caráter observacional com delineamento longitudinal, com intervalo aproximado de 3 anos. No primeiro artigo, observou-se a manutenção dos níveis de ACR e a sua relação com as funções cognitivas. Conforme encontrado no estudo os adolescentes que tendem a manter os bons níveis de ACR, ou melhorar a classificação, apresentaram melhores funções cognitivas ao comparar com o grupo classificado como baixa ACR. Resultados que retomam a importância de estimular exercícios e a prática de atividade física que visem no aumento ou manutenção dos bons níveis de ACR.

No segundo artigo original foi encontrado que o  $VO_{2máx}$  e a variação do  $VO_{2máx}$  são preditores das funções cognitivas. Indicando efeitos diretos da ACR sobre a cognição. Entretanto ao testar o possível papel mediador da maturidade somática (PVC), essa não apresentou efeitos sobre a variável independente (ACR) e as dependentes (tempo de reação e controle inibitório).

Dessa maneira, as lacunas de estudos que avaliem a manutenção da ACR e a maturidade foram exploradas, e os resultados confirmaram que a ACR possui efeitos sobre quase todas as variáveis de controle cognitivo analisadas (acurácia, tempo de reação, controle inibitório e memória de trabalho). Entretanto, a maturidade somática não apresenta impactos sobre essas relações.

Tais informações podem subsidiar planos de intervenções com o objetivo principal de aumentar a ACR para promover maior controle cognitivo e consequentemente aumentar o rendimento escolar de adolescentes. Nota-se que as relações se dão de forma transversal ou longitudinal, evidenciando que não há um momento ótimo para a melhora do controle cognitivo.

Sugere-se que futuros estudos, avaliem crianças e adolescentes, realizem grupos de trajetória com mais pontos de análise e realizem estratificação pelo sexo para as análises. Além disso, que avaliem qual o efeito de outros processos maturacionais (ósseo e sexual) sobre as relações da ACR com o controle cognitivo.

## REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. Youth cardiorespiratory fitness: evidence, myths and misconceptions. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 97, n. 11, p. 777–782, 2019.
- ARON, A. R.; POLDRACK, R. A.; WISE, S. P. Cognition: Basal ganglia role. In: **Encyclopedia of neuroscience**. Elsevier Ltd, 2010. p. 1069–1077.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. Critério de classificação econômica Brasil. 2015. Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>>
- BARBAROTTO, R. *et al.* A normative study on visual reaction times and two Stroop colour-word tests. **Neurological Sciences**, v. 19, n. 3, p. 161–170, 1998.
- BARON, R. M.; KENNY, D. A. The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 51, n. 6, p. 1173–1182, 1986.
- BOTVINICK, M. M. *et al.* Conflict monitoring and cognitive control. **Psychological Review**, v. 108, n. 3, p. 624–652, 2001.
- BRUNETTI, R. *et al.* Did I see your hand moving? The effect of movement-related information on the corsi block tapping task. **Psychological research**, v. 82, n. 3, p. 459–467, 2018.
- BUCK, S. M.; HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M. The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 1, p. 166–172, 2008.
- CHADDOCK-HEYMAN, L. *et al.* The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. **PLoS ONE**, v. 10, n. 8, p. 1–11, 2015.
- CHADDOCK-HEYMAN, L. *et al.* Aerobic fitness is associated with greater hippocampal cerebral blood flow in children. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 20, p. 52–58, 2016.
- CHADDOCK, L. *et al.* A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. **Brain Research**, v. 1358, p. 172–183, 2010. a.
- CHADDOCK, L. *et al.* Basal Ganglia Volume Is Associated with Aerobic Fitness in Preadolescent Children. **Developmental Neuroscience**, v. 32, n. 3, p. 249–256, 2010. b.
- CHADDOCK, L. *et al.* A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v. 17, n. 6, p. 975–985, 2011. a.
- CHADDOCK, L. *et al.* Aerobic fitness and executive control of relational

- memory in preadolescent children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 2, p. 344–349, 2011. b.
- CHADDOCK, L. *et al.* Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 5, p. 421–430, 2012. a.
- CHADDOCK, L. *et al.* A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. **Biological Psychology**, v. 89, n. 1, p. 260–268, 2012. b.
- DE BRUIJN, A. G. M. *et al.* Exploring the relations among physical fitness, executive functioning, and low academic achievement. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 167, p. 204–221, 2018.
- DE OLIVEIRA, R. G.; GUEDES, D. P. Physical activity, sedentary behavior, cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome in adolescents: Systematic review and meta-analysis of observational evidence. **PLoS ONE**, v. 11, n. 12, p. 1–24, 2016.
- DONNELLY, J. E. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 6, p. 1197–1222, 2016. >
- GOLDSTEIN, H. S. Skeletal Maturity and Cognitive Development of 12- To 17-Year-Old Males. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 29, n. 3, p. 348–350, 1987.
- GORDON, C. C.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. Stature, recumbent length, and weight. **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human kinetics Books, p. 3–8, 1988.
- HAAPALA, E. A. Cardiorespiratory fitness and motor skills in relation to cognition and academic performance in children - A review. **Journal of Human Kinetics**, v. 36, n. 1, p. 55–68, 2013.
- HAAPALA, E. A. *et al.* Longitudinal Associations of Fitness, Motor Competence, and Adiposity with Cognition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 3, p. 465–471, 2019.
- HANSEN, D. M. *et al.* Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 12, p. 2279–2285, 2014.
- HARRISON, G. G. *et al.* Skinfold thicknesses and measurement technique. In: LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. (Eds.). **Anthropometric standardization reference manual**. Champaign: Human Kinetics Books, 1988. p. 55–70.
- HERTING, M. M.; KEENAN, M. F.; NAGEL, B. J. Aerobic fitness linked to cortical brain development in adolescent males: Preliminary findings suggest a possible role of BDNF genotype. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 10, n. June, p. 1–11, 2016.
- HILLMAN, C. H. *et al.* Aerobic Fitness and Cognitive Development: Event-

- Related Brain Potential and Task Performance Indices of Executive Control in Preadolescent Children. **Developmental Psychology**, v. 45, n. 1, p. 114–129, 2009.
- HILLMAN, C. H.; BIGGAN, J. R. A Review of Childhood Physical Activity, Brain, and Cognition: Perspectives on the Future. **Pediatric Exercise Science**, v. 29, n. 2, p. 170–176, 2017.
- HILLMAN, C. H.; CASTELLI, D. M.; BUCK, S. M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 11, p. 1967–1974, 2005.
- HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 9, n. 1, p. 58, 2008.
- KAMIJO, K. *et al.* The relationship between childhood aerobic fitness and brain functional connectivity. **Neuroscience Letters**, v. 632, p. 119–123, 2016.
- KHAN, N. A.; HILLMAN, C. H. The Relation of Childhood Physical Activity and Aerobic Fitness to Brain Function and Cognition: A Review. **Pediatric Exercise Science**, v. 26, n. 2, p. 138–146, 2014.
- KESSELS, R. P. C. *et al.* The Corsi Block-Tapping Task: Standardization and Normative Data. **Applied Neuropsychology**, v. 7, n. 4, p. 252–258, 2000.
- KOUTSANDRÉOU, F. *et al.* Acute Exercise and Cognition in Children and Adolescents: The Roles of Testosterone and Cortisol. In: MCMORRIS, T. (Ed.). **Exercise-Cognition Interaction: Neuroscience Perspectives**. London: Elsevier Science, 2015. p. 504.
- LAMBOURNE, K. *et al.* Indirect and direct relations between aerobic fitness, physical activity, and academic achievement in elementary school students. **Mental Health and Physical Activity**, v. 6, n. 3, p. 165–171, 2013.
- LEGER, L. A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 49, n. 1, p. 1–12, 1982.
- LOBELO, F. *et al.* Cardiorespiratory fitness and clustered cardiovascular disease risk in U.S. adolescents. **Journal of Adolescent Health**, v. 47, n. 4, p. 352–359, 2010.
- LUCK, S. J. **An introduction to the event-related potential technique**. MIT press, 2014.
- MAHAR, M. T. *et al.* Estimation of aerobic fitness from 20-m multistage shuttle run test performance. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 41, n. 4 SUPPL. 2, p. S117–S123, 2011.
- MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, maturação e atividade física**. Phorte São Paulo, 2009.
- MCMORRIS, T. **Exercise-Cognition Interaction: Neuroscience**

**Perspectives.** Elsevier Science, 2015.

MEEUSEN, R. *et al.* **Physical Activity and Educational Achievement: Insights from Exercise Neuroscience.** Taylor & Francis Group, 2018.

MIRWALD, R. L. *et al.* An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 34, n. 4, p. 689–694, 2002.

MOORE, R. D. *et al.* Aerobic fitness and intra-individual variability of neurocognition in preadolescent children. **Brain and Cognition**, v. 82, n. 1, p. 43–57, 2013.

MOURÃO JUNIOR, C. A.; MELO, L. B. R. Integration of three concepts: Executive function, working memory and learning. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 27, n. 3, p. 309–314, 2011.

MORA-GONZALEZ, J. *et al.* Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 29, n. 9, p. 1352–1363, 2019.

NIEDERER, I. *et al.* Relationship of aerobic fitness and motor skills with memory and attention in preschoolers (Ballabeina). **BMC Pediatrics**, v. 11, n. 34, p. 1–9, 2011.

ORTEGA, F. B. *et al.* Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. **International Journal of Obesity**, v. 32, n. 1, p. 1–11, 2008.

ORTEGA, F. B. *et al.* Physical fitness and shapes of subcortical brain structures in children. **British Journal of Nutrition**, p. 1–10, 2017

PATTON, G. C.; VINER, R. Pubertal transitions in health. **Lancet**, v. 369, n. 9567, p. 1130–1139, 2007.

RAINE, L. B. *et al.* The influence of childhood aerobic fitness on learning and memory. **PloS one**, v. 8, n. 9, 2013.

RAINE, L. B. *et al.* Aerobic Fitness and Context Processing in Preadolescent Children. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 13, n. 1, p. 94–101, 2016.

SCARPINA, F.; TAGINI, S. The stroop color and word test. **Frontiers in Psychology**, v. 8, p. 1–8, 2017.

SCUDDER, M. R. *et al.* Tracking the Relationship Between Children's Aerobic Fitness and Cognitive Control. **Health Psychology**, v. 35, n. 9, p. 967–978, 2016.

SHEPHARD, R. J.; ASTRAND, P. O. **Endurance in Sport.** Wiley, 2008.

TREISMAN, A. M.; GELADE, G. A feature-integration theory of attention. **Cognitive psychology**, v. 12, n. 1, p. 97–136, 1980.

VALKENBORGH, S. R. *et al.* The impact of physical activity on brain structure and function in youth: A systematic review. **Pediatrics**, v. 144, n. 4, 2019.

WERNECK, A. de O. et al. Social, behavioral and biological correlates of cardiorespiratory fitness according to sex, nutritional status and maturity status among adolescents. A cross-sectional study. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 136, n. 3, p. 237–244, 2018.

WERNECK, A. O. *et al.* Tracking of cardiorespiratory fitness from childhood to early adolescence: Moderation effect of somatic maturation. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 3, p. 338–344, 2019

WILLIAMS, S. E. *et al.* Anxiety symptom interpretation: A potential mechanism explaining the cardiorespiratory fitness-anxiety relationship. **Journal of Affective Disorders**, v. 193, p. 151–156, 2016.

WITTBURG, R. A.; NORTHRUP, K. L.; COTTREL, L. Children's physical fitness and academic performance. **American Journal of Health Education**, v. 40, n. 1, p. 30–36, 2009.

WU, C.-T. *et al.* Aerobic fitness and response variability in preadolescent children performing a cognitive control task. **Neuropsychology**, v. 25, n. 3, p. 333–341, 2011.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### ASSOCIAÇÃO ENTRE ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA COM CONTROLE COGNITIVO NA TRANSIÇÃO DA ADOLESCÊNCIA.

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidar a criança ou adolescente sob sua responsabilidade para participar da pesquisa **“Associação entre atividade física, comportamento sedentário e aptidão cardiorrespiratória com controle cognitivo na transição da adolescência”**, a ser realizada em Município de Londrina-PR. O objetivo da pesquisa é analisar as associações entre atividade física (AF), aptidão cardiorrespiratória (ACR), comportamento sedentário (CS) com controle cognitivo e desempenho acadêmico durante a adolescência em escolares de ambos os sexos da rede pública de Ensino do município de Londrina-PR. A participação da criança ou adolescente é muito importante e informamos que todas as avaliações serão realizadas na escola, com a permissão/supervisão da direção e na UEL com sua autorização e se daria da seguinte forma: (1) Preenchimento de questionários sobre prática de atividade física, esportes, horas em frente à TV, vídeo-game, computador e celular, alimentação, consumo de bebidas alcólicas e tabaco, horas de sono e avaliação do autoconceito; (2) Medidas de peso, estatura, altura sentado, circunferência de cintura (3) Um teste de corrida na quadra da escola; (4) Utilização de um equipamento fixado com uma fita elástica na sua cintura, que mede o movimento do corpo durante sete dias; (5) medida de ondas cerebrais por meio de um eletroencefalograma, fixado superficialmente no couro cabeludo com eletrodos; (6) Três testes de funções da inteligência realizados no computador (Tesde de Blocos de Corsi, Flanker Test e Stroop Task) e (7) Coleta sanguínea. Todas as atividades serão supervisionadas por pesquisadores devidamente treinados, e, as coletas de sangue serão coletadas por um profissional devidamente capacitado conforme as normas vigentes para tais procedimentos. Caso ocorra algum tipo de desconforto durante os procedimentos de coleta sanguínea ou em qualquer avaliação, o participante será prontamente atendido e amparado pelos pesquisadores e, caso necessário, o serviço de emergência para o atendimento do participante será acionado.

Esclarecemos que a participação da criança ou do adolescente é totalmente voluntária, podendo o(a) senhor(a) solicitar a recusa ou desistência de participação da criança ou do adolescente a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo

à criança ou adolescente. Esclarecemos, também, que as informações da criança ou do adolescente sob sua responsabilidade serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e para publicações posteriores e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade da criança ou do adolescente. No caso da coleta sanguínea o material biológico (sangue) será armazenado durante a realização da pesquisa e será descartado de acordo com as normas da UEL.

Esclarecemos ainda, que nem o(a) senhor(a) e nem a criança ou adolescente sob sua responsabilidade pagarão ou serão remunerados (as) pela participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente da participação.

Os benefícios esperados são: os participantes, bem como os responsáveis, irão receber informações referentes às atividades físicas e comportamento sedentário realizadas diariamente, bem como se esses comportamentos podem influenciar nos resultados dos testes cognitivos e conseqüentemente com o desempenho acadêmico. Além disso, também será informado quanto ao atendimento sobre alimentação, horas de sono, peso corporal, altura de acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde. Quanto aos riscos, são mínimos e estão relacionados com cansaço excessivo no teste de corrida na quadra e ao possível desconforto na coleta sanguínea. Caso ocorra algum tipo de desconforto durante os procedimentos de coleta sanguínea ou em qualquer avaliação, o participante será prontamente atendido e amparado pelos pesquisadores e, caso necessário, o serviço de emergência para o atendimento do participante será acionado.

Informamos que esta pesquisa atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990, sendo eles: à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao esporte, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária. Garantimos também que será atendido o Artigo 18 do ECA: “É dever de todos velar pela dignidade da criança e do adolescente, pondo-os a salvo de qualquer tratamento desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor.”

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) 3371-4238 / (43) 99106907/ enioronque@uel.br, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail:

[cep268@uel.br](mailto: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: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque**

RG: 3.197.399-6

Eu, \_\_\_\_\_ (nome por extenso do  
sujeito de pesquisa, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da  
pesquisa, concordo com a participação voluntária da criança ou do adolescente sob  
minha responsabilidade na pesquisa descrita acima.

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

Data: \_\_\_\_\_

**APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO****“ASSOCIAÇÃO ENTRE ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA COM CONTROLE COGNITIVO NA TRANSIÇÃO DA ADOLESCÊNCIA”**

Prezado(a) Aluno(a):

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar da pesquisa “Associação entre atividade física, comportamento sedentário e aptidão cardiorrespiratória com controle cognitivo na transição da adolescência”, a ser realizada nas escolas e na Universidade Estadual de Londrina- UEL. O objetivo da pesquisa é “analisar as associações entre atividade física (AF), aptidão cardiorrespiratória (ACR), comportamento sedentário (CS) com controle cognitivo e desempenho acadêmico durante a adolescência em escolares de ambos os sexos da rede pública de Ensino do município de Londrina-PR.”. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: (1) Preenchimento de questionários sobre prática de atividade física, esportes, horas em frente à TV, videogame, computador e celular, alimentação, consumo de bebidas alcóolicas e tabaco, horas de sono e avaliação do autoconceito; (2) Medidas de peso, estatura, altura sentado, circunferência de cintura (3) Um teste de corrida na quadra da escola; (4) Utilização de um equipamento fixado com uma fita elástica na sua cintura, que mede o movimento do corpo durante sete dias; (5) medida de ondas cerebrais por meio de um eletroencefalograma, fixado superficialmente no couro cabeludo com eletrodos; (6) Três testes de funções da inteligência realizados no computador (Tesde de Blocos de Corsi, Flanker Test e Stroop Task) e (7) Coleta sanguínea. Todas as atividades serão supervisionadas por pesquisadores devidamente treinados, e, as coletas de sangue serão coletadas por um profissional devidamente capacitado conforme as normas vigentes para tais procedimentos. Caso ocorra algum tipo de desconforto durante os procedimentos de coleta sanguínea ou em qualquer avaliação, o participante será prontamente atendido e amparado pelos pesquisadores e, caso necessário, o serviço de emergência para o atendimento do participante será acionado.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e para publicações posteriores e serão

tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. No caso da coleta sanguínea o seu material biológico (sangue) será armazenado durante a realização da pesquisa e será descartado de acordo com as normas da UEL.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são: receber informações referentes às atividades físicas e comportamento sedentário realizadas diariamente, bem como se esses comportamentos podem influenciar nos seus resultados dos testes cognitivos e conseqüentemente com seu desempenho acadêmico. Além disso, também será informado quanto ao atendimento sobre alimentação, horas de sono, peso corporal, altura de acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde. Os riscos da pesquisa são mínimos e estão relacionados com cansaço excessivo no teste de corrida na quadra e ao possível desconforto na coleta sanguínea. Caso ocorra algum tipo de desconforto durante os procedimentos de coleta sanguínea ou em qualquer avaliação, o participante será prontamente atendido e amparado pelos pesquisadores e, caso necessário, o serviço de emergência para o atendimento do participante será acionado.

Informamos que esta pesquisa atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990, sendo eles: à vida, à saúde, à alimentação, à educação, ao esporte, ao lazer, à profissionalização, à cultura, à dignidade, ao respeito, à liberdade e à convivência familiar e comunitária. Garantimos também que será atendido o Artigo 18 do ECA: "É dever de todos velar pela dignidade da criança e do adolescente, pondo-os a salvo de qualquer tratamento desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor."

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar o Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque, no Departamento de Educação Física da Universidade Estadual de Londrina pelo telefone (43) 3371-4238 / (43) 99106907 / [enioronque@uel.br](mailto:enioronque@uel.br), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br). Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

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



---

**Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Enio Ricardo Vaz Ronque**

RG: 3.197.399-6

Eu, \_\_\_\_\_ (colocar nome por extenso do participante da pesquisa), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

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

Data: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PAIS

QUESTIONÁRIO AOS PAIS		
Nome do pai:		
Nome da mãe:		
Nome do filho:		
I. INFORMAÇÕES DO (A) FILHO (A):		
1. Quantas semanas duraram a gestação do (a) seu (sua) filho(a)?	_____	semanas
2. Qual o peso do(a) seu (sua) filho(a) <u>ao nascer</u> ? (Conferir na carteira de vacinação do filho(a))	_____	kg
3. Por quanto tempo seu (sua) filho(a) foi alimentado (a) apenas com leite materno?	_____	meses
4. Quantos filhos vocês tiveram?	_____	
5. Quantas pessoas moram na residência da família?	_____	pessoas
6. Seu (sua) filho (a) costuma dormir durante o dia?	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> Sim	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> Não
7. Seu filho (a) estuda com frequência, ou seja, na maioria dos dias?	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> Sim	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> Não
8. Seu filho lê livros com frequência, ou seja, na maioria dos dias?	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> Sim	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> Não
9. Seu filho apresenta alguma dificuldade de aprendizagem?	<input type="checkbox"/> <sup>1</sup> Sim	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup> Não

## **ANEXOS**

## ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO NUCLEO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE LONDRINA.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO – SEED



### TERMO DE CONCORDÂNCIA DO NRE PARA A UNIDADE CEDENTE

Londrina, 16 de Abril de 2019.

Senhor (a) Coordenador (a),

Declaramos que este Núcleo Regional de Educação de Londrina está de acordo com a condução do projeto de pesquisa ASSOCIAÇÃO ENTRE ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA COM CONTROLE COGNITIVO NA TRANSIÇÃO DA ADOLESCÊNCIA, a ser realizado pelos pesquisadores Maria Raquel de Oliveira Bueno e Vinicius Muller Reis Weber nas seguintes unidades de ensino: CE Profª Adélia Dionísio Barbosa, CE Albino Feijó Sanches, CE Ana Molina Garcia, CE Barão do Rio Branco, CE Benedita Rosa Rezende, 2º Colégio da Polícia Militar do Paraná, Colégio Estadual Hugo Simas, Instituto de Educação Estadual de Londrina, CE Marcelino Champagnat, CE Prof. Newton Guimarães, CE Profª. Olympia Morais Tormenta, CE Polivalente, CE Rina M. J. Francovig, CE Tsuru Oguido, CE Vista Bela, tão logo o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, com Seres Humanos, da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Estamos cientes que os participantes da pesquisa serão alunos, pertencentes à Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná, bem como de que o presente trabalho deverá seguir a Resolução 466/2012 (CNS) e o Decreto nº 7037, de 2009.

Da mesma forma, temos ciência que os pesquisadores somente

## SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO – SEED



poderão iniciar a pesquisa pretendida após encaminhar, a esta Instituição, uma via do parecer de aprovação do estudo emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

Londrina, 16 de Abril de 2019.

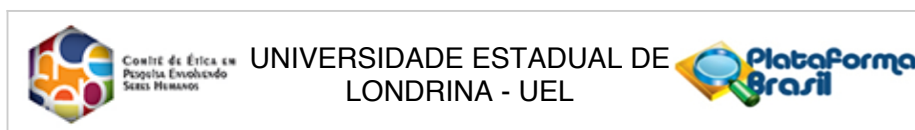
Flávio Afonso Montes

Flávio Afonso Montes  
RG: 9.118.627-6  
EENS/NRE/LONDRINA

Jéssica Elizabeth Gonçalves Pieri

Jessica E. G. Pieri  
RG.: 4.349.284-5 - Decreto 0918/19  
CHEFE/NRE - LONDRINA

## ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ASSOCIAÇÃO ENTRE ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA COM CONTROLE COGNITIVO NA TRANSIÇÃO DA ADOLESCÊNCIA.

**Pesquisador:** Enio Ricardo Vaz Ronque

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 13655119.0.0000.5231

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

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.389.373

#### Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa intitulado ASSOCIAÇÃO ENTRE ATIVIDADE FÍSICA, COMPORTAMENTO SEDENTÁRIO E APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA COM CONTROLE COGNITIVO NA TRANSIÇÃO DA ADOLESCÊNCIA, sob responsabilidade do pesquisador Enio Ricardo Vaz Ronque, vinculado ao Departamento de Educação Física, CEFE-UEL.

O estudo apresenta delineamento longitudinal, e será realizado com a participação dos alunos que possuem dados válidos de acelerômetros na primeira fase do estudo e que atualmente estão matriculados no 8º e 9º anos do Ensino Fundamental II e no 1º ano do ensino médio da cidade de Londrina-PR.

O objetivo principal da pesquisa é analisar as associações entre atividade física, aptidão cardiorrespiratória, e comportamento sedentário com o controle cognitivo durante a adolescência em estudantes de ambos os sexos da rede pública de ensino do município de Londrina-PR.

As coletas serão realizadas nas próprias escolas em períodos extracurriculares ou nas aulas de educação física, sem que haja interrupção das outras disciplinas. Caso haja necessidade de avaliações nas dependências da UEL os pesquisadores ficarão responsáveis pelo deslocamento dos alunos. Desse modo, os alunos não terão qualquer tipo de custo financeiro.

Todos os procedimentos de coletas de dados serão realizados por pesquisadores devidamente treinados e serão utilizadas técnicas padronizadas para a coleta de todas as variáveis do estudo.

**Endereço:** LABESC - Sala 14

**Bairro:** Campus Universitário

**UF:** PR

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

**Município:** LONDRINA

**CEP:** 86.057-970

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

## ANEXO C – FITNESSGRAM HEALTHY FITNESS ZONES (2012)



2011–12 PHYSICAL FITNESS TEST (PFT)

### FITNESSGRAM Healthy Fitness Zones<sup>1</sup>

The *FITNESSGRAM* uses Healthy Fitness Zones (HFZs) to evaluate fitness performance. These zones represent minimum levels of fitness that offer protection against the diseases that result from sedentary living.

#### Females

Age	Aerobic Capacity			Body Composition <sup>3</sup>	
	One-Mile Run VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) <sup>2</sup>	20m PACER VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) <sup>2</sup>	Walk Test VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) <sup>2</sup>	Skinfold Measurements/ Bioelectric Impedance Analyzer Percent Body Fat	Body Mass Index
5	Lap count or time standards not recommended. VO <sub>2</sub> max HFZs not available.		Completion of test standards not recommended. VO <sub>2</sub> max HFZs not available.	20.8 – 9.8	16.7 – 13.6
6				20.8 – 9.9	17.0 – 13.5
7				20.8 – 10.1	17.5 – 13.5
8				20.8 – 10.5	18.2 – 13.6
9				22.6 – 11.0	18.9 – 13.8
10	≥ 40.2			24.3 – 11.6	19.5 – 14.1
11	≥ 40.2			25.7 – 12.2	20.4 – 14.5
12	≥ 40.1			26.7 – 12.7	21.2 – 14.9
13	≥ 39.7		≥ 39.7	27.7 – 13.4	22.0 – 15.4
14	≥ 39.4		≥ 39.4	28.5 – 14.0	22.8 – 15.9
15	≥ 39.1		≥ 39.1	29.1 – 14.6	23.5 – 16.4
16	≥ 38.9		≥ 38.9	29.7 – 15.3	24.1 – 16.9
17	≥ 38.8		≥ 38.8	30.4 – 15.9	24.6 – 17.3
17+	≥ 38.6		≥ 38.6	31.3 – 16.5	25.1 – 17.6

Age	Abdominal Strength and Endurance	Trunk Extensor Strength and Flexibility	Upper Body Strength and Endurance			Flexibility	
	Curl-Up # completed up to max of 75	Trunk Lift # of inches up to max of 12	90° Push-Up # completed up to max of 75	Modified Pull-Up # completed up to max of 75	Flexed-Arm Hang # of seconds up to max of 90	Back-Saver Sit & Reach <sup>4</sup> # of inches up to max of 12	Shoulder Stretch
5	≥ 2	6 – 12	≥ 3	≥ 2	≥ 2	9	Touching fingertips together behind the back on <b>both</b> the right and left sides.
6	≥ 2	6 – 12	≥ 3	≥ 2	≥ 2	9	
7	≥ 4	6 – 12	≥ 4	≥ 3	≥ 3	9	
8	≥ 6	6 – 12	≥ 5	≥ 4	≥ 3	9	
9	≥ 9	6 – 12	≥ 6	≥ 4	≥ 4	9	
10	≥ 12	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 4	9	
11	≥ 15	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 6	10	
12	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 7	10	
13	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 8	10	
14	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 8	10	
15	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 8	12	
16	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 8	12	
17	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 8	12	
17+	≥ 18	9 – 12	≥ 7	≥ 4	≥ 8	12	

≥ To achieve the HFZ, the score must be greater than or equal to the indicated value.

<sup>1</sup> The *FITNESSGRAM* and Healthy Fitness Zones (HFZ) are registered trademarks of The Cooper Institute.

<sup>2</sup> VO<sub>2</sub>max reflects the maximum rate that oxygen can be taken up and utilized by the body during exercise. It is estimated by utilizing the student's height, weight, and other specific information, which is based on the test option (i.e., One-Mile Run, 20m PACER, or Walk Test) administered. The calculation procedures are found in the Reference Guide on the California Physical Fitness Test (PFT) Resources Web page at <http://www.pftdata.org/resources.aspx> (Outside Source).

<sup>3</sup> For Body Composition, the California Department of Education (CDE) considers a student who exceeds the HFZ as meeting the HFZ. Exceeding the HFZ means obtaining a score less than a number on the lower end or right side of the HFZ.

<sup>4</sup> Student must reach the distance on **both** the right and left sides to achieve the HFZ.



## FITNESSGRAM Healthy Fitness Zones<sup>1</sup>

The *FITNESSGRAM* uses Healthy Fitness Zones (HFZs) to evaluate fitness performance. These zones represent minimum levels of fitness that offer protection against the diseases that result from sedentary living.

### Males

Age	Aerobic Capacity			Body Composition <sup>3</sup>	
	One-Mile Run VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) <sup>2</sup>	20m PACER VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) <sup>2</sup>	Walk Test VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min) <sup>2</sup>	Skinfold Measurements/ Bioelectric Impedance Analyzer Percent Body Fat	Body Mass Index
5	Lap count or time standards not recommended. VO <sub>2</sub> max HFZs not available.	Completion of test standards not recommended. VO <sub>2</sub> max HFZs not available.	18.8 – 8.9	16.7 – 13.9	
6			18.8 – 8.5	16.9 – 13.8	
7			18.8 – 8.3	17.3 – 13.8	
8			18.8 – 8.4	17.8 – 13.9	
9			20.6 – 8.7	18.5 – 14.1	
10			≥ 40.2	22.4 – 8.9	18.9 – 14.3
11			≥ 40.2	23.6 – 8.8	19.7 – 14.6
12			≥ 40.3	23.6 – 8.4	20.5 – 15.1
13			≥ 41.1	≥ 41.1	22.8 – 7.8
14	≥ 42.5	≥ 42.5	21.3 – 7.1	22.1 – 16.1	
15	≥ 43.6	≥ 43.6	20.1 – 6.6	22.9 – 16.6	
16	≥ 44.1	≥ 44.1	20.1 – 6.5	23.7 – 17.2	
17	≥ 44.2	≥ 44.2	20.9 – 6.7	24.4 – 17.8	
17+	≥ 44.3	≥ 44.3	22.2 – 7.0	25.1 – 18.3	

Age	Abdominal Strength and Endurance	Trunk Extensor Strength and Flexibility	Upper Body Strength and Endurance			Flexibility	
	Curl-Up # completed up to max of 75	Trunk Lift # of inches up to max of 12	90° Push-Up # completed up to max of 75	Modified Pull-Up # completed up to max of 75	Flexed-Arm Hang # of seconds up to max of 90	Back-Saver Sit & Reach <sup>4</sup> # of inches up to max of 12	Shoulder Stretch
5	≥ 2	6 – 12	≥ 3	≥ 2	≥ 2	8	Touching fingertips together behind the back on <b>both</b> the right and left sides.
6	≥ 2	6 – 12	≥ 3	≥ 2	≥ 2	8	
7	≥ 4	6 – 12	≥ 4	≥ 3	≥ 3	8	
8	≥ 6	6 – 12	≥ 5	≥ 4	≥ 3	8	
9	≥ 9	6 – 12	≥ 6	≥ 5	≥ 4	8	
10	≥ 12	9 – 12	≥ 7	≥ 5	≥ 4	8	
11	≥ 15	9 – 12	≥ 8	≥ 6	≥ 6	8	
12	≥ 18	9 – 12	≥ 10	≥ 7	≥ 10	8	
13	≥ 21	9 – 12	≥ 12	≥ 8	≥ 12	8	
14	≥ 24	9 – 12	≥ 14	≥ 9	≥ 15	8	
15	≥ 24	9 – 12	≥ 16	≥ 10	≥ 15	8	
16	≥ 24	9 – 12	≥ 18	≥ 12	≥ 15	8	
17	≥ 24	9 – 12	≥ 18	≥ 14	≥ 15	8	
17+	≥ 24	9 – 12	≥ 18	≥ 14	≥ 15	8	

≥ To achieve the HFZ, the score must be greater than or equal to the indicated value.

<sup>1</sup> The *FITNESSGRAM* and Healthy Fitness Zones (HFZ) are registered trademarks of The Cooper Institute.

<sup>2</sup> VO<sub>2</sub>max reflects the maximum rate that oxygen can be taken up and utilized by the body during exercise. It is estimated by utilizing the student's height, weight, and other specific information, which is based on the test option (i.e., One-Mile Run, 20m PACER, or Walk Test) administered. The calculation procedures are found in the Reference Guide on the California Physical Fitness Test (PFT) Resources Web page at <http://www.pftdata.org/resources.aspx> (Outside Source).

<sup>3</sup> For Body Composition, the California Department of Education (CDE) considers a student who exceeds the HFZ as meeting the HFZ. Exceeding the HFZ means obtaining a score less than a number on the lower end or right side of the HFZ.

<sup>4</sup> Student must reach the distance on **both** the right and left sides to achieve the HFZ.

## ANEXO D – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO SOCIODEMOGRÁFICA.



QUESTIONÁRIO I					
Prezado (a) estudante: Este questionário faz parte da pesquisa intitulada: “Relação da atividade física e comportamento sedentário com o desempenho acadêmico e fatores de risco à saúde em adolescentes”. Leia com atenção todos os itens e responda-os COM sinceridade. Em caso de dúvidas, pergunte ao pesquisador. Os dados fornecidos por você serão mantidos em sigilo e serão utilizados somente para a realização desta pesquisa. Muito obrigado pela colaboração.					
Professor responsável: Enio Ricardo Vaz Ronque					
Data de hoje: / /	Acelerômetro Nº:	Turma:	Tipo de escola <input type="checkbox"/> Mun. <input type="checkbox"/> Est. <input type="checkbox"/> Priv.		Turno de ensino: <input type="checkbox"/> Manhã <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Integral
I. DADOS PESSOAIS					
<b>NOME COMPLETO DO ALUNO:</b>					
ESCOLA:			Série:		
Data de nascimento: / /	Celular:	Whatsapp? N <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/>	A. Sexo: <input type="checkbox"/> 1 Masculino <input type="checkbox"/> 2 Feminino		
Nome da mãe (ou responsável):					
Nome do pai (ou responsável):					
Telefone mãe/pai (ou responsável):					
Endereço completo:					Nº
Bairro/Referência:			Há quanto tempo mora no bairro?		
II A. INFORMAÇÕES SOCIODEMOGRÁFICAS					
Quantos desses itens têm em sua casa? – Atenção! Não vale o que está quebrado, emprestado ou de uso comercial.					
Itens possuídos	Não tem	Tem			
1. Quantidade de automóveis de passeio exclusivamente para uso particular.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
2. Quantidade de empregados mensalistas, considerando apenas os que trabalham pelo menos cinco dias por semana.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
3. Quantidade de máquinas de lavar roupa, excluindo tanquinho.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
4. Quantidade de banheiros.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
5. DVD, incluindo qualquer dispositivo que leia DVD e desconsiderando DVD de automóvel.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
6. Quantidade de geladeiras.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
7. Quantidade de freezers independentes ou parte da geladeira duplex.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
8. Quantidade de microcomputadores, considerando computadores de mesa, laptops, notebooks e netbooks, tablets, palms ou smartphones.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
9. Quantidade de lavadora de louças.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
10. Quantidade de fornos de micro-ondas.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
11. Quantidade de motocicletas, desconsiderando as usadas exclusivamente para uso profissional.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
12. Quantidade de máquinas secadoras de roupas, considerando lava e seca.	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4ou+
II B. GRAU DE ESCOLARIDADE					
Qual é o grau de instrução do <b>chefe da família</b> ? Considere como chefe da família a pessoa que contribui com a maior parte da renda do domicílio.					
<input type="checkbox"/> 1 Analfabeto ou estudou até a 3ª série do fundamental		<input type="checkbox"/> 5 Médio incompleto (não concluiu o 3º ano)			
<input type="checkbox"/> 2 4ª série fundamental		<input type="checkbox"/> 6 Médio completo (concluiu o 3º ano)			
<input type="checkbox"/> 3 Fundamental Incompleto (não concluiu a antiga 8ª série)		<input type="checkbox"/> 7 Superior incompleto (não concluiu a faculdade)			
<input type="checkbox"/> 4 Fundamental completo (concluiu a antiga 8ª série)		<input type="checkbox"/> 8 Superior completo (concluiu a faculdade)			
II C. SERVIÇOS PÚBLICOS					
A. A água utilizada neste domicílio é proveniente de?					
1 <input type="checkbox"/> Rede geral de distribuição					
2 <input type="checkbox"/> Poço ou nascente					
3 <input type="checkbox"/> Outro meio					
B. Considerando o trecho da rua do seu domicílio, você diria que a rua é:					
1 <input type="checkbox"/> Asfaltada/Pavimentada					
2 <input type="checkbox"/> Terra/Cascalho					
III. EDUCAÇÃO DOS PAIS					
A. Até que série seu PAI estudou? Não sabe <input type="checkbox"/> 0 Não se aplica <input type="checkbox"/> 9					
<input type="checkbox"/> 1 Analfabeto ou estudou até a 3ª série do fundamental		<input type="checkbox"/> 5 Médio incompleto (não concluiu o 3º ano)			
<input type="checkbox"/> 2 4ª série fundamental		<input type="checkbox"/> 6 Médio completo (concluiu o 3º ano)			
<input type="checkbox"/> 3 Fundamental Incompleto (não concluiu a antiga 8ª série)		<input type="checkbox"/> 7 Superior incompleto (não concluiu a faculdade)			
<input type="checkbox"/> 4 Fundamental completo (concluiu a antiga 8ª série)		<input type="checkbox"/> 8 Superior completo (concluiu a faculdade)			
B. Até que série sua MÃE estudou? Não sabe <input type="checkbox"/> 0 Não se aplica <input type="checkbox"/> 9					
<input type="checkbox"/> 1 Analfabeto ou estudou até a 3ª série do fundamental		<input type="checkbox"/> 3 Médio incompleto (não concluiu o 3º ano)			
<input type="checkbox"/> 2 4ª série fundamental		<input type="checkbox"/> 5 Médio completo (concluiu o 3º ano)			
<input type="checkbox"/> 3 Fundamental Incompleto (não concluiu a antiga 8ª série)		<input type="checkbox"/> 7 Superior incompleto (não concluiu a faculdade)			
<input type="checkbox"/> 4 Fundamental completo (concluiu a antiga 8ª série)		<input type="checkbox"/> 8 Superior completo (concluiu a faculdade)			