



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA - IEMCI
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS - PPGECM

MIZAEL CARVALHO DE SOUZA

**EFEITO AGUDO DE PAUSAS ATIVAS NA FLUÊNCIA ARITMÉTICA E
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ESCOLARES:** associações
entre funções executivas, problemas matemáticos e batimentos do coração

BELÉM – PA
2025

MIZAEEL CARVALHO DE SOUZA

**EFEITO AGUDO DE PAUSAS ATIVAS NA FLUÊNCIA ARITMÉTICA E
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ESCOLARES: associações
entre funções executivas, problemas matemáticos e batimentos do coração**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemática, como requisito
final para obtenção do título de Doutor em Educação em
Ciências e Matemáticas, na linha de pesquisa em Mente,
Cérebro e Educação.

Orientador: João Bento-Torres
Coorientador: Carlos Cristi-Montero

BELÉM – PA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S719e Souza, Mizael Carvalho de.
EFEITO AGUDO DE PAUSAS ATIVAS NA FLUÊNCIA
ARITMÉTICA E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA DE ESCOLARES : Associações entre funções
executivas, problemas matemáticos e batimentos do coração /
Mizael Carvalho de Souza, . — 2025.
xvii, 102 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João Bento Torres
Coorientador(a): Prof. Dr. Carlos Cristi Montero
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2025.

1. Capital Cerebral. 2. Desempenho Matemático. 3.
Função Executiva. 4. Variabilidade da Frequência Cardíaca. 5.
Pausas Ativas. I. Título.

CDD 370.72

MIZAEL CARVALHO DE SOUZA

**EFEITO AGUDO DE PAUSAS ATIVAS NA FLUÊNCIA ARITMÉTICA E
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ESCOLARES:** associações
entre funções executivas, problemas matemáticos e batimentos do coração

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemática, como requisito
final para obtenção do título de Doutor em Educação em
Ciências e Matemáticas, na linha de pesquisa em Mente,
Cérebro e Educação.

Orientador: João Bento-Torres
Coorientador: Carlos Cristi-Montero

Belém, 24 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Bento Torres Neto (Orientador)

Prof. Dr. Carlos Cristi-Montero (Coorientador – PUCV-CHILE)

Prof. Dr. Danilo Rodrigues Pereira da Silva (CCBS/UFS)

Profa. Dra. Caroline Brand (PUCV-CHILE)

Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura Silva (IEMCI/UFPA)

Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves (IEMCI/UFPA)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICAS

ATA DE DEFESA DE TESE

Aos vinte e quatro dias do mês de abril dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas, reuniu-se a Banca Examinadora aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, composta pelos professores doutores: João Bento Torres Neto (Presidente), Carlos Cristi Montero (coorientador), Marcos Guilherme Moura Silva (membro interno), Tadeu Oliver Gonçalves (membro interno), Danilo Rodrigues Pereira da Silva (membro externo - UFS), e Caroline Brand (membro externo - PUCV/Chile). Sob a presidência do primeiro, procederam à Defesa de Tese do discente **MIZAEL CARVALHO DE SOUZA**. Após a apresentação do trabalho intitulado “**EFEITO AGUDO DE PAUSAS ATIVAS NA FLUÊNCIA ARITMÉTICA E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ESCOLARES: ASSOCIAÇÕES ENTRE FUNÇÕES EXECUTIVAS, PROBLEMAS MATEMÁTICOS E BATIMENTOS DO CORAÇÃO.**”, a Banca reuniu-se em separado para a Avaliação e apresentou o seguinte parecer: O trabalho apresentado cumpre plenamente os critérios exigidos ao nível de tese de doutorado, sendo apenas recomendado atenção ao atendimento de pequenos ajustes indicados durante a defesa e integralmente registrados em vídeo.

*Assim, o discente é considerado **APROVADO** neste Exame de Defesa de Tese.*

A aprovação na defesa **não representa a conclusão do curso**, que somente será efetivada mediante a homologação do Colegiado do programa, após o cumprimento no prazo de até 60 (sessenta) dias, da entrega da Versão Final e demais exigências regimentais, quando será concedido o título de **Doutor em Educação em Ciências e Matemáticas** – área de concentração: **Educação em Matemática**.

E, para constar, a presente ata foi lida e assinada por todos os membros da Banca Examinadora.

Belém, 24 de abril de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO BENTO TORRES NETO
Data: 05/05/2025 19:50:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Bento Torres Neto

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCOS GUILHERME MOURA SILVA
Data: 05/05/2025 18:43:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura Silva

Documento assinado digitalmente
gov.br DANILRODRIGUES PEREIRA DA SILVA
Data: 25/04/2025 17:10:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Danilo Rodrigues Pereira da Silva

Prof. Dr. Carlos Cristi Montero

Documento assinado digitalmente
gov.br TADEU OLIVER GONCALVES
Data: 03/05/2025 15:46:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves

Profª. Drª. Caroline Brand

DEDICATÓRIA

À Joana Carvalho de Souza (*in memoriam*),
minha eterna genitora e protetora.

AGRADECIMENTOS

As frases e locuções escritas nos próximos parágrafos, podem ser consideradas o reflexo do sentimento de gratidão àqueles, àquelas e àquilo que, de alguma ou de muitas formas, induziram carga de experiências na pessoa constituída nesse percurso acadêmico e na vida, que mesmo diante das adversidades, perseverou na conquista de uma vaga no Instituto de Educação Matemática e Científica, numa das maiores Universidades do país, após indicar as pessoas certas para orientação no projeto de pesquisa.

Acredito, fielmente, que as decisões ditam nossos caminhos e o futuro depende do tempo e das pessoas certas, que nos ajudam a chegar ao lugar de pertencimento. Assim, querida Profa. Dra. Isabel Lucena, obrigado por ser a primeira pessoa a acreditar em mim, por ser sua escolha, tendo outras opções, oportunizando-me liberdade, criatividade intelectual e impulsão para ser pesquisador. Possibilitou-me o engajamento no mundo do entusiasmo científico, jamais imaginado partilhar e que foram determinantes para minha trajetória na pós-graduação, nas vivências e experiências ímpares com o mundo da interdisciplinaridade e formação de professores, com raízes firmes nas evidências neurocientíficas. Por tudo isso, tens minha admiração, estima, respeito e eterna gratidão!

Agradeço ao amigo Marcos Guilherme Moura-Silva, por socializar maestralmente sua tese de doutoramento, pois foi minha primeira atividade acadêmica no IEMCI, apresentando a possibilidade de vincular meu projeto de pesquisa ao estudo das neurociências, onde também me deparei com entusiastas que relacionam saúde e educação, dentre estes, Prof. Dr. Tadeu Oliver, Prof. Dr. João Bento-Torres e Profa. Dra. Natáli Bento-Torres, cruciais em minha trajetória. Ao prof. Tadeu, agradeço por ser a segunda pessoa a acreditar no meu potencial, que através de seus questionamentos, instigou e potencializou o interesse pela área, suscitando reflexões pertinentes acerca do caminho que pretendia seguir na pós graduação, um entusiasta-Mor dessa ponte entre Educação Matemática e Neurociências, a quem procuro retribuir a satisfação que é conhecê-lo, por meio de muito estudo.

Ao prof. Dr. João Bento-Torres, a terceira pessoa a enxergar potencial em minhas pretensões, dedico as mais especiais menções de gratidão e satisfação, por ser muito além de orientador de estudos e pesquisas, mas um entusiasta da produção, divulgação e popularização das ciências de maneira responsável, impulsionador de perspectivas, caminhos e sonhos. Sou grato, “chefe”, pela magnitude de sua existência na formação de multiplicadores da boa prática estudantil, investigativa e docente, pois é isto que promove naqueles em sua companhia.

Agradeço ainda, prof. João Bento-Torres, por possibilitar a convivência com uma das mulheres mais sublimes que já conheci, profa. Natáli, minha cientista idealizada quando criança. E com vocês, desfrutar da convivência em um grupo de pesquisa repleto de entusiasmo, aconchego, parceria e muito trabalho, os “Bento-Torres’s”. Ao entender que o ambiente nos molda, não poderia ter sido moldado tão fielmente como gostaria, caso estivesse em outro lugar, uma vez que seus conselhos e cuidados foram primordiais para concretizar pretensões presentes e futuras. Obrigado pelo tempo disponibilizado em nossos encontros, reuniões, ações e momentos de vivências e experiências fantásticas, que jamais serão esquecidos. Espero nunca sair debaixo de suas asas, mas que possamos revezar no voo, em colaboração para minimizar os problemas educacionais, sociais e econômicas do país, através de intervenções em saúde cerebral dos autores da escola pública básica, principalmente.

Agradeço à toda minha família, mãe, irmãos, tios e tias, sobrinhos, primos e afilhados, que de alguma forma me motivaram a nunca desistir e sempre persistir. Especialmente, à minha avó, eterna genitora e protetora, Joana Carvalho (*in memoriam*) e minha parceira de vida, amada esposa Franciane Sacramento, pelo cuidado, estímulo, paciência, incentivo, amor e carinho que me oferecem durante as caminhadas. Vocês são meu navio para navegar e porto seguro para atracar!

Ao grupo de capoeira Origem Brasileira (ACOB), de Igarapé-miri, na pessoa do mestre Bruce (Sidney Ribeiro Alves), que desenvolve um trabalho importantíssimo com essa arte/esporte no interior do Estado, formando através do respeito, disciplina e movimento humano, impulsionando crianças, adolescentes, jovens e adultos nos princípios de uma educação saudável e libertadora. Sou parte desse projeto de vivência humanizadora, mostrando que a atividade física contribui para melhorias também no desempenho escolar, porque sou um dos muitos alunos que já alcançaram o ensino superior, vencendo todos os tipos de vulnerabilidades a partir do engajamento no esporte e nos estudos. A todos os mestres, professores, graduados e alunos, gratidão pelo acolhimento durante a fase mais crítica da vida: a infância e adolescência.

Ao grupo Bento-Torre’s (EXAM e LNI), onde pude conviver, dialogar e aprender com pessoas de diferentes áreas, porém, com objetivos, visões, aflições e perspectivas futuras comuns, dividindo dúvidas e compartilhando conhecimentos. Em especial, agradeço à querida amiga Adriene Seabra, com quem pude disfrutar e se aventurar no período de elaboração dessa tese, rotineiramente. Ao amigo Mauro Domingues, que desenhou as fases da coleta de dados e permitiu minha partilha e colaboração. E aos demais, agradeço por cada palavra trocada, interação e atividade realizada diariamente, pois foram imprescindíveis nessa jornada.

Um agradecimento especial à CAPES, pelo fomento e concessão da bolsa de intercâmbio doutoral, no qual pude fazer a imersão em outro país, conhecer outra cultura e partilhar conhecimento científico em uma instituição no exterior. Que, por isso, tive o privilégio de interagir com irmãos de outra nação. Em nome dos professores Carlos Cristi-Montero e Fernando Rodriguez, chefes do laboratório e grupo YRIS, na Escuela de Educación Física da Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV-Chile), agradeço por todo o acolhimento, paciência, cuidado e parceria da equipe nos meses de rica convivência.

Agradeço as crianças participantes da pesquisa, cuja relação permitiu a construção de vínculos afetivos, indo além do caráter investigativo. Que os resultados conjunto desse trabalho possam se constituir em ações de transformação para cada uma delas, retornando à escola.

A todos(as) os(as) professores(as) e colegas encontrados pelo Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, que partilharam conhecimentos e saberes, engrandecendo ainda mais essa extraordinária experiência (auto)formativa, constitutiva e transformadora.

Por fim e sempre, agradeço à Deus, por me conduzir sereno e sagaz nas tomadas de decisões, preenchendo-me os dias com saúde, oportunizando-me a mudar a história de vida, minha e dos meus.

“A neurociência não resolverá, sozinha, os desafios da educação — mas dela surgem problemas em que a neurociência vem investigando”

- Bento-Torres -

RESUMO

Introdução: O desempenho escolar em matemática e leitura está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento de funções executivas, à saúde mental e à condição física de crianças e adolescentes. Em um cenário de vulnerabilidade social, a integração entre cognição, regulação autonômica e atividade física mostra-se promissora para fortalecer o capital cerebral, humano e social dos estudantes. A literatura aponta que pausas ativas podem promover melhorias cognitivas e fisiológicas sem comprometer o tempo de aula, e que a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um importante marcador da saúde autonômica e emocional. **Objetivo:** Esta tese, estruturada no formato multipaper com três artigos que se complementam, teve como objetivo geral investigar como as funções executivas, a atividade física (pausas fisicamente ativas) e a regulação autonômica influenciam o desempenho em matemática e leitura, com foco no fortalecimento do capital cerebral de crianças e adolescentes em contextos educacionais. **Método:** Para tanto, recrutamos um total de 71 participantes de ambos os sexos, com idades entre 9 e 13 anos, de uma escola pública Estadual de Ensino Fundamental em Belém, Pará, Brasil, que foram comparados em relação às medidas de desempenhos em testes acadêmicos (fluência aritmética, compreensão de leitura e problemas matemáticos de palavras), neuropsicológicos (controle inibitório e memória de trabalho), fisiológicos (VFC) e físicos (HIIT e Alongamento) padronizados, com devido controle estatístico de variáveis influenciadoras. Os artigos incluídos contêm análise de dados primários de um estudo cruzado, dentro do sujeito, pré e pós-avaliação que seguiu as diretrizes do CONSORT para ensaios clínicos randomizados controlados, bem como, compilação de dados secundários de revisão da literatura. **Resultados:** O primeiro artigo, de caráter transversal, analisou se a fluência aritmética e compreensão de leitura medeiam a relação entre funções executivas (memória de trabalho e controle inibitório) e o desempenho em problemas matemáticos de palavras, considerando possíveis diferenças de sexo, mostrando os caminhos cognitivos envolvidos na resolução de problemas envolvendo leitura e cálculo. O segundo artigo, considerado estado da arte, apresentou uma revisão abrangente da literatura sobre pausas fisicamente ativas no ambiente escolar, apontando efeitos positivos no desempenho em matemática e leitura, especialmente por meio da melhora das funções executivas. O terceiro artigo, de caráter quase-experimental pré e pós-teste intrassujeito, investigou os efeitos agudos do Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT) e do alongamento estático sobre a VFC e fluência aritmética, demonstrando que o HIIT mostrou melhores resultados tanto fisiológicos quanto em matemática, beneficiando meninos e meninas. Os resultados direcionam para a compreensão de que intervenções escolares integradas, envolvendo cognição, atividade física e autorregulação, podem promover ganhos significativos no aprendizado matemático e na regulação autonômica de crianças e adolescentes. A presente tese contribui com evidências empíricas e teóricas para a formulação de políticas públicas e reformulação de currículos educacionais que valorizem o papel da escola básica na formação de capital cerebral, humano e social e de sujeitos mais resilientes, especialmente em contextos de vulnerabilidade social e desigualdades educacionais.

Palavras-chaves: Capital Cerebral. Desempenho Matemático. Função Executiva. Variabilidade da Frequência Cardíaca. Pausas Ativas.

ABSTRACT

Introduction: Academic performance in mathematics and reading is closely linked to the development of executive functions, mental health, and physical condition in children and adolescents. In contexts of social vulnerability, the integration of cognition, autonomic regulation, and physical activity emerges as a promising strategy to strengthen students' brain, human, and social capital. The literature indicates that active breaks can foster cognitive and physiological improvements without compromising instructional time, and that heart rate variability (HRV) is a key marker of autonomic and emotional health. **Objective:** This thesis, structured as a multipaper format comprising three complementary studies, aimed to investigate how executive functions, physical activity (through active breaks), and autonomic regulation influence performance in mathematics and reading, with an emphasis on strengthening the brain capital of children and adolescents in educational settings. **Method:** We recruited a total of 71 participants of both sexes, aged between 9 and 13 years, from a public elementary school in Belém, Pará, Brazil. Participants were compared on standardized academic (arithmetic fluency, reading comprehension, and word problem-solving), neuropsychological (inhibitory control and working memory), physiological (HRV), and physical (HIIT and stretching) performance measures, with statistical control for influencing variables. The included articles feature primary data analysis from a crossover, within-subject, pre- and post-test design that followed CONSORT guidelines for randomized controlled trials, as well as a compilation of secondary data from a literature review. **Results:** The first study, with a cross-sectional design, examined whether arithmetic fluency and reading comprehension mediate the relationship between executive functions (working memory and inhibitory control) and performance in mathematical word problems, considering potential sex differences. It highlighted the cognitive pathways involved in solving problems that combine reading and calculation. The second study, a state-of-the-art literature review, provided a comprehensive overview of school-based active breaks, reporting positive effects on mathematics and reading performance, particularly through the enhancement of executive functions. The third study, a quasi-experimental within-subject pre-post design, investigated the acute effects of High-Intensity Interval Training (HIIT) and static stretching on HRV and arithmetic fluency. It demonstrated that HIIT led to superior outcomes in both physiological and mathematical performance, benefiting both boys and girls. The results suggest that integrated school-based interventions involving cognition, physical activity, and self-regulation can promote significant gains in mathematical learning and autonomic regulation in children and adolescents. This thesis offers empirical and theoretical evidence to support the development of public policies and the redesign of school curricula that recognize the foundational role of basic education in building brain, human, and social capital—and in fostering more resilient individuals, especially in contexts marked by social vulnerability and educational inequalities.

Keywords: Brain Capital. Mathematical Performance. Executive Function. Heart Rate Variability. Active Breaks.

MENSAGEM PARA LEVAR PARA CASA (TAKE-HOME MESSAGE)

1. Fortalecer as funções executivas, integrar atividade física e compreender a regulação autonômica são caminhos para melhorar o desempenho escolar.
2. Leitura e cálculo medeiam a relação entre funções executivas e problemas matemáticos, sem distinção entre meninos e meninas.
3. Pausas fisicamente ativas em sala de aula aumentam o desempenho em leitura e, principalmente, em matemática sem comprometer o tempo das aulas.
4. Uma única sessão de HIIT melhora a variabilidade da frequência cardíaca e a fluência aritmética em meninos e meninas.
5. Implementar pausas fisicamente ativas, estimular funções executivas, melhorar o desempenho escolar e regular emoções é a chave para contribuir com o desenvolvimento do capital cerebral em crianças e adolescentes.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AF	Atividade Física
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CI	Controle Inibitório
CPF	Córtex Pré frontal
CS	Comportamento Sedentário
EEG	Eletroencefalograma
FC_{máx.}	Frequência Cardíaca Máxima
FE	Função Executiva
HIIT	High Intensity Interval Training
IC	Intervalo de Confiança
IMC	Índice de Massa Corporal
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IRMF	Imagens de Ressonância Magnética Funcional
MET	Equivalente Metabólico da Tarefa
MT	Memória de Trabalho
OBMEP	Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEBL	(Psychology Experiment Building Language) - Linguagem de Construção de Experiências Psicológicas
PISA	Programa de Avaliação Internacional do Estudante
PMP	Problemas Matemáticos de Palavras
SAMPEN	Entropia de Amostra
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNC	Sistema Nervoso Central
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1:

Figura 1: Desenho do estudo que mostra a sequência das medidas avaliadas	39
Figura 2: Diagrama do modelo geral de mediações seriais múltiplas.....	41
Figura 3: Resultados da mediação serial múltipla no modelo para controle inibitório.....	42
Figura 4: Resultados da mediação serial múltipla no modelo para memória de trabalho.....	43

Artigo 2:

Figura 1: Fluxograma de seleção dos estudos.....	56
---	----

Artigo 3:

Figura 1: Ilustração esquemática dos procedimentos do estudo cruzado.....	76
Figura 2: Gráficos dos resultados para Fluência Aritmética.	80
Figura 3: Gráfico dos resultados para VFC.....	81

LISTA DE TABELAS

Artigo 1:

Tabela 1: Características dos participantes do estudo..	41
Tabela 2: Matriz de correlação entre todas as variáveis do estudo (r).....	42
Tabela 3: Efeito indireto da mediação serial múltipla: controle inibitório.....	42
Tabela 4: Efeito indireto da mediação serial múltipla: memória de trabalho.....	43

Artigo 2:

Tabela 1: Informações sobre as intervenções de Atividade Física.	60
--	----

Artigo 3:

Tabela 1: Características dos participantes do estudo..	79
--	----

SUMÁRIO

MEMORIAL	18
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. ARTIGO 1	34
Introdução	36
Método	37
Resultados	41
Discussão.....	44
Referências.....	47
3. ARTIGO 2:	51
Introdução	53
Método	55
Resultados	56
Discussão.....	62
Referências.....	65
4. ARTIGO 3	71
Introdução	73
Método	75
Resultados	79
Discussão.....	81
Referências.....	85
Considerações finais	90
REFERÊNCIAS	93
Apêndice	106
Anexo	115

MEMORIAL

A matemática é um componente curricular importante na construção da cidadania, por proporcionar situações que envolvem criatividade e raciocínio na resolução de problemas diversos, fazendo uso de conhecimentos científicos e recursos tecnológicos, dos quais devemos nos apropriar. Embora aprendesse muito dos conceitos em sala de aula, era nas situações cotidianas que exercitava os conhecimentos adquiridos na escola; nas rodas de conversas com amigos para saber quem acertava o cálculo mais rápido; nas compras no supermercado, conferindo o troco recebido após repassada determinada quantia; no lidar com números em casa, ajudando os familiares quando estavam diante de reuniões que requeria proficiência com a matemática, dentre outras oportunidades em expressar o raciocínio lógico adquirido com essa disciplina escolar.

Tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio, tudo que envolvia cálculo parecia vantajoso, pois enquanto muitos sentiam-se desconfortáveis diante de grandes listas de exercícios (Muniz; Fernandes, 2016), em que cada questão ocupava uma lauda inteira do caderno, me sentia instigado e entusiasmado para encontrar a resposta esperada pelo professor. Por diversas ocasiões, nesse período estudantil, afluía o desejo por seguir a profissão: inspirar estudantes por meio do conhecimento matemático, de igual maneira ao que meus professores faziam.

Em 2008 prestei vestibular para Matemática nas duas universidades públicas do Estado, Universidade do Estado do Pará (UEPA) e Universidade Federal do Pará (UFPA), não logrando êxito no resultado da primeira, mas ingressando na segunda para cursar Licenciatura em Matemática no *Campus* Universitário de Abaetetuba¹, distante aproximadamente 43km do município de origem, Igarapé-miri. Esse é o desafio enfrentado por muitos estudantes do interior, conforme pronuncia Zago (2006), mas que carregam sonhos de alcançar níveis de estudos que seus pais e demais familiares não conseguiram por diversos fatores sociodemográficos, financeiros e culturais enraizados numa conjuntura que favorece aqueles que vivem nas capitais. Os poucos que se aventuram, como foi meu caso, assumem a responsabilidade de representar as origens e, com isso, reunir forças para vencer os desafios da vida acadêmica longe de casa.

¹ O Campus Universitário de Abaetetuba, também, conhecido como Campus do Baixo Tocantins, foi implantado em 1987, sob a coordenação da professora Conceição Solano, indicada a esse cargo pelo reitor da época, o Prof. José Seixas Lourenço, responsável pela aprovação do Programa de Interiorização da Universidade, em 1986, sob a Resolução nº 1.355 (Fontes, 2012).

Durante a graduação, além das obrigаторiedades curriculares, fui inserido no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID²), que visa proporcionar uma aproximação prática com o cotidiano das escolas públicas de Educação Básica e com o contexto em que elas estão inseridas, possibilitando experiências ímpares em sala de aula a partir de interações com alunos e professores (Pimenta, 2005; Charlot, 2005; Freire, 2007). Além disso, a organização de seminários de socialização do programa é parte importante do processo, pois mostram os resultados dos trabalhos desenvolvidos nas escolas e criam discussões acerca da juventude pertencente a esse nível de escolarização, que permitiram aprofundar conhecimentos teórico-práticos sobre as diferentes linguagens envolvidas no processo de ensino e aprendizagem da matemática (Vallilo, 2016; Pinto, 2009; Menezes, 1999).

Por conta disso, pude observar que a maior dificuldade encontrada pelos alunos para obter êxito em suas avaliações não era somente os cálculos, mas a relação com a prática da leitura e produção escrita (Smole; Diniz, 2001; Ntenza, 2004; Santos, 2005) que, na maioria das vezes, os impediam de entender bem o que era proposto pelo professor para formalizar uma resposta. De posse dessa análise e dialogando com o professor que fui designado para assessorar/estagiar, na tentativa de contribuir com a melhoria do nível de leitura dos estudantes, procurei trabalhar de forma interdisciplinar (Menezes, 2008; Chas, 2016), usando textos que exploravam a prática da leitura e a capacidade dos educandos para resolver e falar sobre as soluções encontradas, conforme orienta Smole e Diniz (2001).

Essa atividade foi realizada no ano de dois mil e onze, em uma turma de oitavo ano de uma escola pública em Abaetetuba/PA, e embora os resultados obtidos pela experiência de usar textos nas aulas de matemática tivessem sido motivadores, o amadurecimento das ideias que culminaram com a elaboração da proposta de pesquisa para submeter ao programa de mestrado acadêmico só aconteceu após concluir duas especializações³, bem como, vivenciar ativamente o cotidiano da sala de aula como docente.

Em 2014, após um ano de conclusão da graduação, fui aprovado para vaga de professor na disciplina de Matemática no concurso do município de Tailândia, Estado do Pará. No transcorrer dos três anos de estágio probatório, procurei desenvolver a prática docente com atividades que aliassem leitura e escrita às aulas de matemática (Smole; Diniz, 2001; Dantas,

² O Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) é um programa de incentivo e valorização do magistério e de aprimoramento do processo de formação de docentes para a Educação Básica, vinculado à Diretoria de Educação Básica Presencial – DEB – da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

³ Metodologia do Ensino de Matemática, pela Faculdade Montenegro (FAM) e outra em Planejamento, Implementação e Gestão da Educação à Distância, pela Universidade Federal Fluminense (UFF).

2011; Hoffman, 2012), direcionando ações no sentido de intervir nas dificuldades dos educandos. Utilizando textos, imagens, vídeos contendo informações que pudessem ser exploradas, tanto pelo conteúdo matemático, quanto pelas possibilidades de ampliar competências em interpretação nos alunos, de forma que os mesmos percebessem a relação intrínseca da linguagem matemática com a linguagem dos textos e representações matemáticas, de acordo com o que dialoga Vallilo (2016). Além disso, atividades propostas que valorizassem e incentivassem a compreensão dos problemas matemáticos envolvendo leitura e cálculo fazia parte da dinâmica da sala de aula, criando um espaço para que eles produzissem seus próprios enunciados e comunicassem suas análises ao solucioná-los (Siqueira, 2005; Tunes; Tacca; Junior, 2005).

No processo avaliativo, também procurava suscitar as habilidades de leitura e escrita dos estudantes por meio de propostas temáticas que explorassem os conhecimentos tácitos e os adquiridos durante o bimestre, colocando-os a desenvolver a linguagem matemática por meio da produção textual (Smole; Diniz, 2001). A insistência em metodologias pautadas somente na realização de listas de exercícios, que não fazem uso amplo da prática da leitura e da escrita, pode representar a inacessibilidade do aluno ao conhecimento matemático difundido pela escola (Lupinacci; Botin, 2004; Miguel; Miorim, 2004).

Em 2019, ingressei no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, e essas reflexões teórico-práticas sobre autonomia, interdisciplinaridade, aprendizagem matemática dos alunos e o quanto a leitura influencia para esse conhecimento, fortaleceram minhas pretensões de pesquisador. Tanto no mestrado quanto no doutorado, a inserção na linha de pesquisa em Mente, Cérebro e Educação permitiu amadurecer essas reflexões relacionadas ao desempenho matemático e leitura, e que essa dualidade está além de variadas metodologias acadêmicas levadas aos alunos, sendo necessário considerar aspectos cognitivos e, mais importante, as condicionantes emocionais e físicas que prejudicam a aprendizagem das crianças em idade escolar (Costa; Monteiro, 2015).

Hoje percebo o quanto os aspectos emocionais (Ashcraft; Kirk, 2001; Moura-Silva, 2019) influenciam nas atitudes dos estudantes quando estão diante de um fato matemático, seja na vida cotidiana ou acadêmica. A Ansiedade Matemática, como demonstrado por muitos autores (Siva; Brito; Vendramini, 2002; Ashcraft, 2002; Carmo; Cunha; Araújo, 2008; Mendes; Carmo, 2011; Domingues, 2021), causa déficits cognitivos que tornam a aprendizagem dessa disciplina como algo doloroso para alguns estudantes, comparado a própria dor física, pois recruta áreas cerebrais e viscerais envolvidas no controle emocional, sendo

observada por meio de Imagens de Ressonância Magnética Funcional (IRMf) do sistema nervoso central (SNC) e via biomarcadores do sistema nervoso autônomo (SNA), através da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), como mostrado nos estudos de Lyons e Beilock (2012) e Moura-Silva (2019). Requerendo, assim, outras intervenções que corroborem com a regulação dessas emoções negativas e melhorem o desempenho acadêmico de crianças e adolescentes, principalmente em leitura e matemática, pois são eixos fundamentais para a progressão pessoal e profissional nas sociedades modernas (Beck *et al.*, 2016).

Além disso, o contato com a Neurociência do Exercício Físico (por meio da participação em grupos de estudos⁴, eventos da área, ações científicas sobre o tema: Intercom, Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, Experimentando Ciência, dentre outros), possibilitou conhecer os benefícios induzidos no sistema nervoso central e autônomo de indivíduos que são fisicamente ativos em comparação com seus pares menos ativos, desde a infância. Há evidências sobre efeitos moduladores positivos de regiões específicas do cérebro envolvidos na aprendizagem ao realizar uma única sessão de atividade física durante as aulas, tanto na infância quanto na idade adulta (Hillman; Erickson; Kramer, 2008; Li *et al.*, 2014; Haapala *et al.*, 2017). De maneira mais específica, impactos diretos na Função Executiva - responsáveis por recrutamento e armazenamento das informações e do controle atencional – e no Hipocampo – responsável pela construção e preservação da memória - foram encontrados em diversas investigações com intervenções de atividade física (Deng; Aimone; Gage, 2010; Squire *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2015), suportando a ideia de que ser mais fisicamente ativo pode contribuir com o esforço de melhorar índices de desempenho estudantil, de forma geral, e particularmente, em leitura e matemática (Fedewa *et al.*, 2015; Mullender-Wijnsma *et al.*, 2015; Mullender-Wijnsma *et al.*, 2016; Watson *et al.*, 2019).

No mestrado, testamos algumas hipóteses com essas variáveis de interesse a partir do tema relacionado com a resolução de problemas matemáticos, ansiedade matemática e condicionamento físico, buscando associações e as manifestações na variabilidade da frequência cardíaca de escolares. Em 2021, na defesa do mestrado, a banca examinadora considerou a dissertação com caráter de tese, o que possibilitou avançar ao doutorado a partir

⁴ O EXAM – *Exercise Anxiety Mathematics* – é um grupo vinculado ao projeto intitulado “Implicação da Atividade Física em crianças com Ansiedade Matemática” liderado pelo Prof. Dr. João Bento Torres Neto (Docente/pesquisador do programa de Mestrado e Doutorado do PPGECEM/IEMCI e do programa de pós-graduação em Ciências do Movimento Humano – PPGCMH/ICS) e Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves (Docente/pesquisador do programa de Mestrado e Doutorado do PPGECEM/IEMCI), ambos da Universidade Federal do Pará. O grupo visa investigar a relação entre atividade física, cognição e desempenho matemático, baseado em evidências dos estudos neurocientíficos que mostram efeitos agudos de intervenções escolares a partir de protocolos com exercícios físicos.

do fluxo contínuo. Esse processo motivou ainda mais a investigar a relação entre desempenho matemático, atividade física, cognição e parâmetros fisiológicos envolvidos na aprendizagem da disciplina, uma vez que atuar na educação básica e compreender como crianças e adolescentes aprendem é fundamental para elaborar boas práticas de sala de aula. Principalmente, após a pandemia de COVID-19, que aflorou a defasagem do ensino de matemática no mundo (Brasil, 2021), além de preocupação com a saúde mental dos estudantes, particularmente no Brasil. Nesse sentido, é urgente que pesquisas envolvendo saúde e educação ganhem maior notoriedade, uma vez que o processo de aprendizagem eficiente ocorre quando há harmonia entre aspectos cognitivos, físicos e emocionais.

Ao alcançar a etapa doutoral, continuei sendo motivado a investigar as relações entre atividade física e matemática. Coincidência ou não, desde a infância, a capoeira foi mais do que um esporte — foi escola de corpo, ritmo, disciplina e pertencimento. Carreguei essa vivência para a sala de aula, onde me formei professor de Matemática com o desejo de tornar o aprendizado mais vivo e significativo. Ao longo dessa trajetória acadêmica, aprendi que corpo e mente não são separáveis, e que o movimento além de ensinar, também protege o sistema nervoso. Foi nesse encontro entre a capoeira, a educação matemática e o interesse pela neurociência que nasceu o desejo de investigar como a atividade física pode potencializar o desempenho escolar de crianças e adolescentes. Poder transformar essa inquietação pessoal em uma tese, aliando funções executivas, variabilidade da frequência cardíaca e aprendizagem matemática, especialmente após um intercâmbio internacional com um grupo de excelência em rendimento físico e saúde, foi mais do que um passo na minha formação — foi a concretização de um projeto de vida.

Então, na tentativa de contribuir com as áreas que visam encontrar estratégias educacionais exequíveis para melhorar a proficiência dos alunos em leitura e matemática, as dinâmicas de sala de aula, as práticas pedagógicas comprometidas com os aspectos neurobiológicos envolvidos no ensino-aprendizagem, principalmente na infância e adolescência, propomos uma investigação na interface entre Neurociências e Educação Matemática, visando responder a seguinte questão: A atividade física aguda (pausas fisicamente ativas) pode ser uma intervenção eficaz para melhorar as funções executivas, desempenho em matemática e leitura, e variabilidade da frequência cardíaca de crianças e adolescentes?

1. INTRODUÇÃO

A educação básica de qualidade é fundamento para o desenvolvimento cognitivo, social e econômico de uma nação. Em particular, o desempenho acadêmico em disciplinas essenciais como matemática e leitura, além de refletir a qualidade do ensino-aprendizagem, serve como indicador do capital cerebral, humano e social de um país. O capital cerebral refere-se à capacidade cognitiva e à saúde mental da população, sendo um alicerce para o aprendizado sustentável e a inovação tecnológica (Smith *et al.*, 2021; Ibanez; Eyre, 2023). Já o capital humano envolve as competências adquiridas por meio da educação e da experiência, impulsionando o crescimento econômico e a produtividade nacional (Silva; Cunha, 2018; Junior *et al.*, 2024). Por fim, o capital social está relacionado às redes de cooperação e suporte interpessoal, fundamentais para o engajamento acadêmico e a equidade no acesso ao aprendizado (Santos; Vieira; Santos, 2018; Fialho; Dias; Macedo, 2023). Em países em desenvolvimento, como o Brasil, desafios estruturais como a pobreza multidimensional e a desigualdade educacional comprometem esses três eixos, exigindo soluções que integrem abordagens interdisciplinares em educação e saúde.

A escolarização formal de crianças e adolescentes inicia na educação básica, sendo um período em que o cérebro sofre mudanças significativas, onde aspectos da cognição e da emoção, envolvidos no desempenho escolar, se desenvolvem continuamente ao longo dos anos (Di Liegro *et al.*, 2019; Hashmi; Fayyaz, 2022; Costa, 2023). Esse período de neurodesenvolvimento é sensível a fatores relacionados à educação e à saúde, que influenciam o sistema nervoso e o comportamento humano (Fuhrmann; Knoll; Blakemore, 2015; Donnelly *et al.*, 2016; Feijó *et al.*, 2023). A qualidade do ensino, o nível de estímulo cognitivo e a exposição a experiências enriquecedoras impactam nesse desenvolvimento, moldando a plasticidade neural e o refinamento das conexões sinápticas envolvidas na aprendizagem (Feijó *et al.*, 2023). Além disso, fatores como nutrição adequada (Saavedra; Prentice, 2023), sono de qualidade (Gijssels *et al.*, 2016), prática regular de atividade física (Latino; Tafuri, 2023) e regulação emocional (Jirout *et al.*, 2019) são fundamentais para garantir a maturação saudável das funções cognitivas e cardiovasculares, influenciando o desempenho escolar e a capacidade de adaptação ao ambiente acadêmico (Hillman; Erickson; Kramer, 2008; Sabayan *et al.*, 2023; Kuhn; Skau; Nyberg, 2024).

A lacuna no desenvolvimento de competências que dependem desses fatores é determinante para a perpetuação da pobreza multidimensional (Vaz; Jannuzzi, 2014; OECD, 2021), que restringe a mobilidade social e limita o acesso a recursos que poderiam mitigar

desigualdades. Essa pobreza multidimensional extrapola a falta de renda, abrangendo privações em áreas como moradia, saneamento, alimentação, educação e acesso à informação (Fahel; Teles; Caminhas, 2016; Brasil, 2023). No Brasil, cerca de 60% das crianças e adolescentes enfrentam pelo menos uma dessas privações, enquanto 18% vivem em condições de pobreza extrema (Unicef, 2025), que limitam o acesso a oportunidades educacionais de qualidade e comprometem o desenvolvimento cognitivo. Pesquisas mostram que crianças em situação de pobreza apresentam alterações na estrutura cerebral, especialmente em áreas relacionadas ao aprendizado e à regulação emocional, como o córtex pré-frontal e o hipocampo (Hair *et al.*, 2015; Noble *et al.*, 2012; Fernandes; Melo, 2019). Essas alterações impactam na capacidade de concentração, memória e resolução de problemas, comprometendo o desempenho escolar e, consequentemente, a mobilidade social.

Além disso, o córtex pré-frontal e o hipocampo se relacionam de maneira integrativa com as funções executivas, que estão envolvidas na regulação do comportamento e no desempenho acadêmico (Friedman; Robbins, 2022). Os estudos sobre a Função Executiva (FE) a definem como sendo o conjunto de capacidades que o indivíduo dispõe para controlar e mudar a atenção de maneira flexível, inibir respostas impulsivas e reter informações temporariamente, em que três dimensões se destacam: memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva ou mental (Raver; Blair, 2016; Dias; Pereira; Seabra, 2022; Sambol *et al.*, 2023). Na maioria das situações da vida real, essas dimensões não são totalmente distintas, mas trabalham juntas para produzir o funcionamento executivo competente. Os resultados desses estudos possibilitam concluir que a FE começa como construção unitária, tornando-se mais diferenciada na infância e que todos os três componentes evidenciam ganhos de desenvolvimento que se estendem aos anos seguintes (Fiske; Holmboe, 2019).

Em particular, memória de trabalho e controle inibitório estão envolvidas na resolução de problemas matemáticos complexos e na compreensão de textos, que influenciam o sucesso escolar (Shokrkon; Nicoladis, 2022; Dumontheil *et al.*, 2023; Schäfer *et al.*, 2024). A memória de trabalho é a capacidade de reter e manipular informações durante curto período (Silva; Nascimento, 2021). O controle inibitório envolve a capacidade de atrasar respostas prepotentes, interromper e inibir a resposta a fontes de interferência quando envolvidos em tarefas que exigem autorregulação e comportamento direcionado a objetivos (Menu *et al.*, 2022). Nesse sentido, essas funções se associam com o desempenho em matemática e leitura, uma vez que a resolução de problemas exige tanto raciocínio lógico quanto a capacidade de manter informações ativas na mente, inibir respostas impulsivas e alternar entre diferentes estratégias (Toledo *et al.*, 2019; Santana; Roazzi; Melo, 2020).

Alguns estudos já mostraram que tanto a memória de trabalho quanto o controle inibitório estão correlacionados com a proficiência matemática e leitura (Cantin *et al.*, 2016; Cragg *et al.*, 2017; Pascual; Muñoz; Robres, 2019), sendo fundamento para o desenvolvimento acadêmico e cognitivo, principalmente por contribuir com a resolução de problemas matemáticos de palavras (PMPs), por exemplo (Blair *et al.*, 2015; Zang *et al.*, 2018). PMPs são problemas contextualizados que exigem que as crianças e adolescentes integrem suas habilidades linguísticas e básicas de cálculo para encontrar soluções (Zang *et al.*, 2018; Vessonem *et al.*, 2024). O domínio dessas competências, no entanto, não ocorre de maneira isolada, mas sim em interação com mecanismos neurais responsáveis pelo controle cognitivo. Crianças e adolescentes com déficits nessas habilidades enfrentam maiores dificuldades, o que pode limitar suas oportunidades futuras, impactando a inserção no mercado de trabalho e perpetuando desigualdades estruturais (Moffitt *et al.*, 2011; Fitzpatrick *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2020).

Entretanto, um cenário de dificuldades escolares, déficits de funções executivas e vulnerabilidade socioeconômica reflete no desempenho dos estudantes em avaliações internacionais, evidenciando as desigualdades educacionais que impactam a aprendizagem. O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), avalia, a cada três anos, o desempenho em matemática, leitura e ciências, com o objetivo de comparar globalmente a eficácia dos sistemas educacionais. Os resultados mais recentes do PISA 2022 revelam que o Brasil permanece entre as últimas posições do ranking, reforçando desafios persistentes na educação básica e evidenciando lacunas que comprometem o desenvolvimento acadêmico e profissional da população jovem (Brasil, 2023). De maneira específica, o país ocupou a 65ª posição em matemática e 52ª em leitura, entre 81 países participantes (Brasil, 2023). Segundo o último relatório, apesar de um leve avanço em relação ao PISA 2018, os números ainda indicam um atraso educacional significativo. Em matemática, 73% dos estudantes brasileiros não alcançaram o nível básico de proficiência (nível 2, de 6 níveis), índice considerado pela OCDE como o mínimo necessário para que os jovens possam exercer plenamente a cidadania (Brasil, 2023). Em leitura, metade dos alunos não atingiu o nível básico, e em ciências, mais de 55% ficaram abaixo desse patamar. Esses percentuais colocam o Brasil muito abaixo da média dos países da OCDE, onde apenas 31% dos alunos não atingiram o nível básico em matemática e 26% em leitura (Brasil, 2023).

É de notório saber que o impacto do baixo desempenho acadêmico extrapola o ambiente escolar, afetando o futuro econômico do país. Sabe-se também que a defasagem no aprendizado

matemático é um obstáculo ao desenvolvimento de competências em ciências e tecnologia, fundamentais para a inovação e para o crescimento da economia baseada no conhecimento (Nieto-Isidro; Martínez-Abad, 2024). Em termos comparativos, no Brasil, estudantes de 15 anos apresentam habilidades matemáticas equivalentes às de alunos de 11 ou 12 anos nos países desenvolvidos, o que aponta e evidencia a urgência de intervenções eficazes para reduzir essa defasagem (OCDE, 2021).

Além disso, o desempenho em matemática é ainda mais baixo entre estudantes de famílias de baixa renda. Apenas 4,4% dos alunos brasileiros de nível socioeconômico baixo atingem um aprendizado adequado nessa disciplina, e somente 0,1% desses alunos chegam ao nível 6 no PISA, sendo considerado avançado (Iede, 2023). Disparidades raciais também são evidentes, uma vez que, enquanto 67% dos estudantes brancos de alto nível socioeconômico apresentam aprendizado adequado em matemática, esse percentual cai para 40,1% entre os estudantes negros. Entre os estudantes de nível socioeconômico mais baixo, essa diferença é ainda mais acentuada, com 41,6% dos brancos atingindo aprendizado adequado, contra apenas 23,9% dos estudantes negros (OCDE, 2021; Iede, 2023). Por fim, o PISA 2022 revelou importantes desigualdades regionais no Brasil: enquanto os estudantes do Sul lideraram nas três disciplinas avaliadas, os do Norte obtiveram as notas menores, com diferenças que representam até 22 posições no ranking mundial, refletindo desafios estruturais e urgência na implementação de políticas educacionais específicas para reduzir essas lacunas.

Esse contexto é crítico, já que pesquisas indicam que a proficiência nessas áreas influencia a escolha de carreiras em Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). O estudo de Nieto-Isidro e Martínez-Abad (2024) sobre o PISA mostrou que a diferença entre desempenho em matemática e leitura pode influenciar a decisão dos estudantes de seguir carreiras científicas. Esse efeito é especialmente relevante para as meninas, que tendem a obter melhores notas em leitura do que em matemática, enquanto os meninos se destacam mais em matemática do que em leitura. Essa diferença acentua as disparidades de sexo no desempenho acadêmico, as quais podem estar relacionadas tanto a fatores biológicos quanto a influências culturais e sociais (OCDE, 2021). No entanto, outros estudos mostram que intervenções focadas no desenvolvimento de funções executivas, leitura e matemática conjuntamente podem ajudar a reduzir essas disparidades (Tomaz; León, 2020; Corso *et al.*, 2023; Fidjeland *et al.*, 2023; Nieto-Isidro; Martínez-Abad, 2024). Porém, nenhum estudo avaliou esses caminhos cognitivos, investigando como as funções executivas se interligam com o desempenho em problemas matemáticos, a partir das habilidades de cálculo e leitura, oferecendo uma compreensão mais profunda das barreiras e potencialidades no aprendizado de meninos e meninas.

Elucidar esses caminhos cognitivos é importante porque, de certa maneira, os déficits educacionais, cognitivos e a qualidade de vida foram afetados pela pandemia de COVID-19, que mostrou as desigualdades estruturais e sociais, evidenciando a necessidade de reformulações curriculares e políticas públicas voltadas para mitigar os impactos do ensino remoto prolongado, como aumento no uso de telas e transtornos mentais (Dias; Ramos, 2022; Unesco, 2022; Bartholo *et al.*, 2023; Neuhold; Pacheco, 2023). Embora os fatores que impactam o desempenho dos alunos no PISA sejam múltiplos, incluindo desde a qualidade da formação docente, a infraestrutura das escolas, a influência do ambiente socioeconômico até a capacidade de readaptação a novos cenários, o período pandêmico alertou para mudanças nas prioridades educacionais no Brasil e no mundo (Unicef, 2025). Escolas com um ambiente de aprendizado resiliente tendem a obter melhores resultados, como demonstrado pela correlação positiva entre os desempenhos no PISA e a participação na Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP) (Iede, 2023). No entanto, o aumento na defasagem de aprendizado, baixa motivação e déficit de atenção, especialmente em matemática e leitura, afetou desproporcionalmente os estudantes mais vulneráveis (Dias; Ramos, 2022; Gusmão *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, as evidências sobre a prática regular de Atividade Física (AF) apontam para um elo integrador que pode amenizar os impactos da pandemia e potencializar fatores envolvidos na recíproca associação entre educação e saúde (Scatigna *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2020; Blain; Standage; Curran, 2022; Kopp; Mohler; Grope, 2024), pois se estabelecida na infância, podem melhorar a FE (Salas-Gomez *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2023), concentração (Reigal *et al.*, 2020; Altermann; Grope, 2024) e desempenho acadêmico (James *et al.*, 2023; Liu; Li; Li, 2023; Rodriguez *et al.*, 2020; Marrero-Rivera *et al.*, 2024; Cordeiro *et al.*, 2024; Mello *et al.*, 2025) durante a adolescência e idade adulta (Cristi-Montero; Johansen-Berg; Salvan, 2024). Alguns estudos (Watson *et al.*, 2017; Daly-Smith *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2024; Larose *et al.*, 2024) mostraram que aulas com intervalos curtos com prática de atividade física aprimoram a cognição e saúde mental, além de diminuir o comportamento sedentário (muito tempo sentado, em aprendizado passivo), sem prejudicar o desempenho escolar. É importante conceituar a cognição como função multidimensional, que inclui, entre outros aspectos, as funções executivas (Diamond; Ling, 2016; Donnelly, 2016). Já a saúde mental, vai além da ausência de doença mental, como um estado de bem-estar que envolve os aspectos biológicos, físicos, psicológicos, emocionais e sociais, e se refere à capacidade de aproveitar a vida e lidar com os desafios (Manwell *et al.*, 2015; Doré; Caron, 2017; Gaino *et al.*, 2018).

Em termos conceituais, a atividade física refere-se a qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que requer gasto energético acima dos níveis de repouso (aproximadamente 1 equivalente metabólico - MET⁵), promovendo interações sociais e com o ambiente (Donnelly *et al.*, 2016; Ainsworth *et al.*, 2024). Em geral, a AF é uma forma eficaz de melhorar a saúde, sendo um dos fatores-chaves para o desenvolvimento resiliente do sistema nervoso (Di Liegro *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2023). Além disso, níveis mais altos de AF na infância e adolescência se relacionam positivamente com o número de anos de educação pós-obrigatória e resultados de longo prazo no mercado de trabalho (Kari *et al.*, 2017), que se traduzem em benefícios pessoais e sociais. Por outro lado, o comportamento sedentário (CS) é o tempo que se passa gastando pouca energia (gasto energético próximo aos valores de repouso), geralmente na posição sentada ou deitada (Bull *et al.*, 2020; Souza; Costa; Bento-Torres, 2023); comumente atividades realizadas em frente a telas de computador, televisão, celulares e tablets, que foram intensificadas por conta da pandemia de COVID-19, que afetaram também a comunidade escolar (Brasil, 2023).

Essa perspectiva é relevante porque muitas crianças e adolescentes não atendem às diretrizes e recomendações de ao menos 60 minutos de AF moderada a intensa diariamente (Watson *et al.*, 2018; Brasil, 2021; Souza; Costa; Bento-Torres, 2023). De igual forma, é preocupante que um número crescente de crianças e adolescentes passem uma grande proporção do dia em comportamento sedentário, tanto na escola quanto durante o tempo livre (Tremblay *et al.*, 2016). As aulas de educação física tendem a constituir as únicas ocasiões que oferecem AF organizada na escola, e argumenta-se que seu papel não está sendo suficientemente promovido na maioria dos países (Howie; Schatz; Pate, 2015; Riley, 2016). Por exemplo, uma pesquisa realizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), com 72.845 crianças e adolescentes de 34 países, mostrou que a maioria dos participantes não praticavam atividades físicas suficientes, enquanto quase um terço representam alto CS (Guthold *et al.*, 2020), dados reforçados por outros estudos (Silva *et al.*, 2018; Guthold *et al.*, 2020; Brasil, 2021; Van Sluijs *et al.*, 2021).

Embora algumas vezes seja usado como sinônimo, há uma distinção conceitual entre atividade física e exercício físico, sendo que o segundo é um subconjunto do primeiro, que tem como característica a estruturação, planejamento e repetição, com o objetivo de melhorar ou manter a aptidão física (Souza; Costa; Bento-Torres, 2023). Por conta disso, seus mecanismos

⁵ O MET é um múltiplo da taxa metabólica basal (TMB), que representa a energia necessária para manter o corpo em repouso. Durante atividades físicas, o MET indica quantas vezes o gasto energético aumenta em relação ao repouso (Tompuri, 2015).

e efeitos são distintos, já que o exercício físico induz respostas regulatórias imediatas e de curto prazo no organismo após a execução, como a melhora na função cardiovascular, aumento temporário na concentração e atenção, e alterações metabólicas que contribuem para o controle da glicemia e pressão arterial (Nystoriak; Bhatnagar, 2018; Morche; Pedretti; Mello, 2023; Castillo *et al.*, 2024). Portanto, introduzir o ambiente escolar como um espaço que também pode se beneficiar de estratégias como as pausas ativas, pode contribuir para o aumento do tempo em atividade física, redução do comportamento sedentário e, conseqüentemente, para a melhoria geral da saúde, desempenho e qualidade de vida.

Nesse sentido, os estudos que apresentam intervenções de AF na escola mostraram impacto positivo no desempenho matemático e na leitura, por implementação de aulas fisicamente ativas, seja apenas aeróbico ou com material acadêmico. Sugere-se que essa melhoria seja resultado de uma combinação de mecanismos cerebrais, induzidos por AF em intensidades moderadas⁶ a vigorosas⁷ (Mullender-wijnsma *et al.*, 2015; Fedewa *et al.*, 2015; Egger *et al.*, 2019). Esses estudos sugerem também que as aulas fisicamente ativas não custam o tempo das aulas acadêmicas e ainda contribuem para a quantidade de AF de moderada a vigorosa recomendada diariamente para a saúde das crianças e adolescentes (Brasil, 2021; Senechal *et al.*, 2021; White *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2024).

Além disso, a implementação de aulas com pausas ativas contribui para aumentar a capacidade de recursos nas funções executivas, especialmente memória de trabalho e controle inibitório, envolvidas diretamente no processo de leitura e resolução de problemas, que aprimoram a realização de tarefas e o desempenho em matemática (Layne; Yli-Piipari; Knox, 2021; Diemer, 2021; Silva, 2023; Reyes-Amigo *et al.*, 2025; Bellacicco *et al.*, 2025). Embora, muitas questões ainda envolvam a quantidade, duração e tipo de AF que integrados induzem benefícios para crianças e adolescentes (Janssen; Leblanc, 2010; Fedewa *et al.*, 2015), os estudos de Fedewa *et al.* (2018) e Egger *et al.* (2019) apontam que a AF aeróbica de intensidade moderada a vigorosa parece indicar efeito positivo aumentado nos testes de leitura e matemática, potencializando componentes da FE que predizem o desempenho acadêmico. Entretanto, os mecanismos pelos quais a prática regular, tipo e a intensidade da atividade física contribuem para a melhoria do desempenho em matemática ainda não foram totalmente elucidados, carecendo de mais estudos nessa direção.

⁶ Refere-se à atividade física realizada entre 3 e 6 vezes à intensidade do repouso. Em uma escala relativa à capacidade pessoal de um indivíduo, geralmente é 5 ou 6, na escala de 0 a 10 (Brasil, 2021; Souza; Costa; Bento-Torres, 2023).

⁷ Refere-se à atividade física realizada em 6,0 ou mais METs. Em uma escala relativa à capacidade pessoal de um indivíduo, geralmente é 7 ou 8, na escala de 0 a 10 (Brasil, 2021; Souza; Costa; Bento-Torres, 2023).

A partir das evidências já apresentadas, na perspectiva de contribuir com dois objetivos estratégicos do plano de ação global da OMS, ambientes e pessoas ativas, que destacam o aumento de práticas que envolvam movimento e reduzam o comportamento sedentário (Who, 2018; Brasil, 2021), sugere-se a inserção de pausas ativas na instrução acadêmica, através de atividade física de forma breve no cotidiano escolar, em particular na sala de aula, com durações a partir de quatro minutos (Ma; Le Mare; Gurd, 2015; Souza *et al.*, 2024). Os estudos indicam que esses poucos minutos de AF nas aulas melhoraram o desempenho cognitivo (atenção seletiva e memória de trabalho) (Samuel *et al.*, 2017; Leahy *et al.*, 2020), além de beneficiar a saúde do cérebro e o desempenho acadêmico em crianças e adolescentes (Hillman; Biggan, 2017; Esteban-Cornejo *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020; Barbosa *et al.*, 2020; Poon *et al.*, 2023).

Nessa direção, considerando os apontamentos de que a AF aeróbica de intensidade moderada a vigorosa melhoram a saúde cerebral e o desempenho acadêmico, o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT - *High Intensity Interval Training*) surge como opção para implantação das pausas ativas no contexto escolar (Souza *et al.*, 2024; Leão *et al.*, 2024). Esta modalidade se caracteriza pela prática de AF estruturada intermitente de alta intensidade, correspondendo a valores entre 70% e 85% da Frequência Cardíaca Máxima (FC_{máx.}), intercalados entre períodos de execução e recuperação, ou descanso (Ito, 2019; Ferrari; Martins, 2020), com duração total a partir de 4 minutos (Ma; Le Mare; Gurd, 2015). Estudos anteriores indicam melhorias em crianças a partir dos 7 anos (Ekstrom *et al.*, 2017) nos componentes da aptidão física, resistência muscular, cardiorrespiratória (Tottori *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2023) e força dos membros superiores e inferiores (Ekstrom *et al.*, 2017), bem como na adequação do Índice de Massa Corporal (IMC) (Costigan *et al.*, 2016; Cordeiro *et al.*, 2024).

Frente as evidências de que o HIIT é uma opção interessante para a realização de atividades físicas de curta duração, esse método de treinamento parece viável para o cotidiano escolar e para inserção nas salas de aula (Leahy *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2024), visto que grande parte dos adolescentes entre 11 e 17 anos (81%) apresenta níveis elevados de comportamento sedentário e, além disso, não atinge as recomendações de 60 minutos diários de AF de intensidade moderada a vigorosa (Who, 2018; Brasil, 2021). Porém, apesar dos benefícios comprovados do HIIT, há poucos estudos sobre seus impactos na cognição, saúde cardiovascular e desempenho em matemática em crianças e adolescentes, particularmente durante o período escolar.

Em particular, há uma lacuna na literatura de estudo examinando o efeito do HIIT na Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) e fluência aritmética de crianças e adolescentes. A VFC é um marcador importante da saúde cardiovascular e da regulação autonômica, estando

associada à capacidade de autorregulação emocional e controle do estresse (McCraty, 2015; Gasior *et al.*, 2018; Aritzeta *et al.*, 2022; Balaji *et al.*, 2025). Por conta disso, vem sendo usada em estudos que visam conhecer os impactos dos distúrbios de ansiedade (Cheng *et al.*, 2022), ansiedade matemática (Moura-Silva, 2019; Qu *et al.*, 2020; Cruz-López *et al.*, 2024), estresse (Aritzeta *et al.*, 2022) e níveis de AF (Chen *et al.*, 2022; El-Malah *et al.*, 2024) no controle autonômico cardíaco durante o repouso e/ou momento de testes, sugerindo que a mesma parece indexar não apenas processos de regulação emocional, mas também aspectos cognitivos envolvidos quando se enfrenta desafios exigentes, como um teste, por exemplo, sendo diretamente responsiva nas mudanças de estados emocionais, comportamentais e sociais (Kim *et al.*, 2018; Tupitsa *et al.*, 2023; Borghesi *et al.*, 2024).

Para melhor compreender esse contexto, o modelo de integração neurovisceral oferece uma estrutura teórica sobre essa conexão entre a regulação autonômica, mediada pelo sistema nervoso autônomo, e o funcionamento cognitivo. Esse modelo propõe que a flexibilidade autonômica, refletida na VFC, está diretamente ligada à capacidade do cérebro de regular emoções, atenção e comportamentos adaptativos (Grol; Raedt, 2020; Thayer; Mather; Koenig, 2021;). Assim, níveis mais altos de VFC parecem exercer um papel protetor aos déficits de função executiva, sugerindo-a como um indicador do controle inibitório exercido pelo córtex frontal (Zahn *et al.*, 2016) e biomarcador de autorregulação emocional, associada ao desempenho em tarefas acadêmicas e escolares que exigem foco, persistência e resolução de problemas (Arakaki *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2024). Por outro lado, sua redução reflete a incapacidade regulatória autonômica para suportar ajustes flexíveis com vistas a responder tais estímulos (Thayer; Mather; Koenig, 2021), implicando uma série de patologias cardíacas (por exemplo, arritmias, doenças cardiovasculares) (Orini *et al.*, 2023) e não cardíacas (por exemplo, obesidade) (Struven *et al.*, 2021).

Esse modelo, então, propõe a conexão cérebro-corção através de uma rede sistêmica muito mais extensa que outros órgãos principais, sendo essa relação geradora vital de padrões rítmicos que afetam funções cerebrais e o corpo como um todo (Smith *et al.*, 2017; Thayer; Mather; Koenig, 2021). A VFC, como o estudo desses padrões rítmicos, reflete um dos principais marcadores extrínsecos do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) (Shaffer; McCraty; Zerr, 2014; Arakaki *et al.*, 2023), capaz de estabelecer interações dinâmicas por intermédio do Córtex Pré-frontal (CPF). Com o avanço dos estudos em neuroimagem, esse modelo foi revisto e atualizado, sendo demonstrado que estruturas do sistema límbico são tonicamente inibidas pelo CPF, suprimindo a atividade simpática e ativando o tônus parassimpático (Smith *et al.*, 2017; Thayer; Mather; Koenig, 2021), controlando respostas visceromotoras, neuroendócrinas e

comportamentais que são críticas para a conduta direcionada a objetivos, adaptabilidade e saúde. Portanto, a VFC mais caótica, caracterizada por um estado fisiológico com predomínio de influências do nervo vago, está ligada às funções executivas de alto nível e que reflete a capacidade funcional das estruturas cerebrais que suportam a autorregulação e autocontrole cognitivo (Shaffer; McCraty; Zerr, 2014; Ferreira; Zanesco, 2016).

Quanto aos métodos mais frequentes para quantificar os parâmetros da VFC, estão categorizados e denominados como: lineares (domínio do tempo e domínio de frequência) e não lineares (Nayak *et al.*, 2023). Entretanto, os métodos não lineares avaliam as propriedades qualitativas em vez da magnitude da dinâmica da frequência cardíaca (Henriques *et al.*, 2020), tornando-se mais adequado para revelar mudanças delicadas no processo de batimento a batimento. Nas últimas décadas, estudos analisaram os índices não lineares da VFC, principalmente, relacionados com a entropia (aproximada e de amostra), pois consideram uma abordagem usada para quantificar a regularidade (complexidade) das flutuações da série R-R, o conteúdo das informações dos dados ou a organização dos batimentos cardíacos (Catai *et al.*, 2020), para avaliar estados de ansiedade (Dimitriev *et al.*, 2016; Paniccia *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2020), detecção do estresse (Delliaux, 2019; Chand; Chandra; Dutt, 2024) e desempenho em tarefas cognitivas (Forte; Favieri; Casagrande, 2019; Sharma; Shenoy, 2023; Forte; Casagrande, 2025).

Poucos estudos investigaram a relação entre desempenho em matemática e controle autonômico, considerando o impacto da ansiedade matemática, que é a sensação de tensão e ansiedade que interfere em situações relacionadas à resolução de problemas envolvendo números, seja na vida diária ou acadêmica, mostrando que baixa VFC está associada à maior ansiedade matemática e ao pior desempenho, indicando que essa redução reflete a sobrecarga cognitiva e déficits de funções executivas (Moura-Silva, 2019; Qu *et al.*, 2020; Cruz-López *et al.*, 2024). O único estudo que investigou essa relação a partir do efeito do exercício físico foi Domingues (2021), mostrando que uma sessão de HIIT versus alongamento estático melhorou a memória de trabalho visuoespacial e o desempenho matemático de crianças com ansiedade matemática, por induzir aumento na complexidade da VFC, aprimorando a regulação autonômica e contribuindo para maior controle emocional e desempenho escolar. Entretanto, mais estudos são necessários para incentivar mudanças curriculares e práticas efetivas de inserção de movimentos, pausas ou intervalos fisicamente ativos na tentativa de contribuir com a saúde cerebral de crianças e adolescentes.

Diante desse cenário, essa tese está organizada como *multipaper* e busca oferecer uma visão integrada de como funções executivas, AF, VFC e desempenho em matemática interagem

para impulsionar o capital cerebral, humano e social, a fim de reduzir desigualdades educacionais. Hipotetizamos que estratégias como pausas fisicamente ativas, por meio do HIIT, fortalecimento das funções executivas, fluência aritmética e compreensão de leitura podem contribuir para a melhoria da proficiência em matemática, atenuando os impactos das defasagens educacionais e de saúde acentuadas no pós-pandemia.

Assim, a presente tese tem como objetivo geral analisar como as funções executivas, a AF e a regulação autonômica — via VFC — influenciam o desempenho em matemática e leitura, com foco no fortalecimento do capital cerebral de crianças e adolescentes em contextos educacionais. Para isso, três objetivos específicos foram delineados: (1) Investigar se fluência aritmética e compreensão de leitura atuam como mediadores na relação entre FEs (controle inibitório e memória de trabalho) e a resolução de PMP em crianças e adolescentes, considerando possíveis diferenças de sexo; (2) Analisar a literatura de investigações sobre os efeitos de intervenções em aulas com pausas fisicamente ativas no desempenho em leitura e matemática em escolares; (3) Investigar os efeitos de uma única sessão de HIIT versus alongamento estático na fluência aritmética e na VFC em meninos e meninas. A compreensão dessas interrelações é fundamental para a formulação de políticas públicas e reformulações curriculares eficientes, promovendo educação de qualidade, saúde mental e bem-estar, que garanta oportunidades equitativas de desenvolvimento para crianças e adolescentes, principalmente na região Norte do País.

2. **ARTIGO 1:** Estudo transversal, com dados de baseline referentes ao projeto de pesquisa intitulado “Implicações da Atividade Física em Crianças com Ansiedade Matemática”, para avaliação e posterior submissão.

TÍTULO: DA LEITURA AO CÁLCULO: COMPREENDENDO OS CAMINHOS COGNITIVOS QUE CONECTAM AS FUNÇÕES EXECUTIVAS AOS PROBLEMAS MATEMÁTICOS DE PALAVRAS

Resumo

Contexto: Resolver problemas matemáticos de palavras (PMPs) envolve processos cognitivos complexos que integram funções executivas (FEs), habilidades matemáticas e compreensão de leitura. Objetivo: Investigar se fluência aritmética e compreensão de leitura atuam como mediadores na relação entre FEs (controle inibitório e memória de trabalho) e a resolução de PMPs em crianças e adolescentes, considerando possíveis diferenças de sexo. Método: Este estudo transversal incluiu 71 estudantes (36 meninas), com idades entre 9 e 13 anos, de uma escola pública Estadual de Ensino Fundamental em Belém, Pará, Brasil, que realizaram testes de controle inibitório, memória de trabalho, fluência aritmética, compreensão de leitura e resolução de PMPs. Dois modelos de mediação serial múltipla foram analisados para avaliar as relações entre as variáveis, ajustados por sexo. Análises adicionais avaliaram a influência do sexo sobre a força de cada mediador nos modelos. Resultados: A fluência aritmética e a compreensão de leitura mediarão a relação entre o controle inibitório e PMPs ($B = 0,023$; $IC = 0,004$ a $0,048$) e entre a memória de trabalho e PMPs ($B = 0,035$; $IC = 0,008$ a $0,067$). Quando estratificados por sexo, não foi encontrada mediação no modelo serial completo. No entanto, ao se examinarem caminhos individuais, a fluência aritmética mediou a relação entre controle inibitório e memória de trabalho e PMPs em meninas, enquanto nos meninos a mediação ocorreu apenas para a memória de trabalho. Isso sugere um papel indireto do sexo como modulador da mediação, especialmente para habilidades de cálculo. Conclusão: A fluência aritmética e a compreensão de leitura desempenham um papel mediador fundamental na relação entre as FEs e a resolução de PMPs especialmente quando consideradas em conjunto. Portanto, é essencial desenvolver intervenções educacionais integradas que promovam simultaneamente essas habilidades, com atenção às diferenças de sexo existentes. Pesquisas futuras devem considerar variáveis contextuais e pedagógicas para aprofundar a compreensão desses processos.

Palavras-chave: Funções Executivas, Fluência Aritmética, Desempenho Matemático, Mediação Serial, Escolares.

TITLE: FROM READING TO CALCULATION: UNDERSTANDING THE COGNITIVE PATHWAYS LINKING EXECUTIVE FUNCTIONS TO MATHEMATICAL WORD PROBLEMS

Abstract

Background: Solving mathematical word problems (MWP) involves complex cognitive processes that integrate executive functions (EFs), mathematical skills, and reading comprehension. Objective: To investigate whether arithmetic fluency and reading comprehension mediate the relationship between EFs (inhibitory control and working memory) and MWP solving in children and adolescents, while considering possible sex differences. Method: This cross-sectional study included 71 students (36 girls), aged 9 to 13 years, from a public elementary school in Belém, Pará, Brazil. Participants completed tasks assessing inhibitory control, working memory, arithmetic fluency, reading comprehension, and MWP solving. Two multiple serial mediation models were tested to evaluate the relationships among variables, adjusted for sex. Additional analyses examined whether sex influenced the strength of each mediator in the models. Results: Arithmetic fluency and reading comprehension mediated the relationship between inhibitory control and MWPs ($B = 0.023$; $CI = 0.004$ to 0.048), as well as between working memory and MWPs ($B = 0.035$; $CI = 0.008$ to 0.067). When stratified by sex, the full serial mediation model was not supported. However, individual pathways revealed that arithmetic fluency mediated the relationship between inhibitory control, working memory, and MWPs in girls, while in boys, mediation was found only for working memory. This suggests an indirect moderating role of sex, particularly in relation to calculation skills. Conclusion: Arithmetic fluency and reading comprehension play a fundamental mediating role in the relationship between EFs and MWP solving, especially when considered jointly. Therefore, integrated educational interventions that simultaneously target these skills are essential, with special attention to existing sex differences. Future research should consider contextual and pedagogical variables to deepen our understanding of these processes.

Keywords: Executive Functions. Arithmetic Fluency. Mathematical Performance. Serial Mediation. Schoolchildren.

Introdução

Pesquisas nas últimas décadas demonstraram a interdependência entre habilidades linguísticas e matemáticas e sua importância na resolução de problemas matemáticos de palavras (PMPs). Os PMPs são formulações contextualizadas que exigem que crianças e adolescentes combinem a compreensão da linguagem com operações matemáticas básicas para encontrar as soluções (Dowker; Nuerk, 2017; Zang *et al.*, 2018). Esses problemas dependem fortemente da compreensão de leitura e do raciocínio matemático, exigindo a integração de competências linguísticas e numéricas. Alguns estudos apontam diferenças entre os sexos nesse contexto, mostrando que as meninas apresentam melhor desempenho em habilidades de leitura, o que pode favorecer sua compreensão dos PMPs, enquanto os meninos tendem a se destacar em operações matemáticas e raciocínio espacial — características que lhes conferem vantagem na resolução desses problemas (Rodríguez *et al.*, 2020; Nieto-Isidro; Martínez-Abad, 2024).

Além disso, os componentes das funções executivas (FEs), como a memória de trabalho e o controle inibitório, estão associados ao sucesso acadêmico e ao desenvolvimento cognitivo (Santana *et al.*, 2020; Figueira; Freitas, 2020). A memória de trabalho refere-se à capacidade de armazenar e manipular temporariamente informações enquanto se realiza uma tarefa (Friedman; Miyake, 2017), enquanto o controle inibitório diz respeito à habilidade de resistir a distrações e suprimir respostas impulsivas em favor de ações mais acertadas (Diamont, 2013). Esses componentes das FEs estão intimamente correlacionados e são preditores tanto de habilidades de leitura quanto de matemática, destacando o papel fundamental na formação do desempenho acadêmico (Best; Miller; Jones, 2009; Corso *et al.*, 2023; Peng, 2023).

No entanto, os resultados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) evidenciam disparidades em matemática e leitura, com países de baixa e média renda apresentando desempenho inferior, nessas áreas. No Brasil, por exemplo, 73% dos estudantes não alcançaram o nível básico de proficiência em matemática, e 50% ficaram abaixo do nível mínimo em leitura (Lima; Moreira, 2024). Essas lacunas ressaltam a necessidade urgente de investigar os fatores subjacentes que influenciam o desempenho acadêmico, especialmente a relação entre as FEs e o sucesso escolar, que contribui para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e de leitura (Boer; Elias, 2022). Compreender como essas habilidades estão associadas à resolução dos PMPs é fundamental para propor intervenções educacionais específicas, voltadas para a redução das desigualdades e para a promoção da equidade na aprendizagem.

O que já se sabe é que o desempenho em cálculo está associado com a compreensão de leitura, pois ambos os processos compartilham a necessidade de integrar informações numéricas e textuais (Assis *et al.*, 2021). A fluência numérica está diretamente ligada à resolução de PMPs, e a compreensão de leitura é uma habilidade essencial para entender o que está sendo proposto e encontrar maneiras de resolver esses problemas (Barroso; Mourão-Júnior, 2013; Toledo, 2019). Além disso, a interação entre cálculo e compreensão de leitura é frequentemente associada à memória de trabalho e ao controle inibitório, que dão suporte à organização e integração do raciocínio em várias etapas necessário aos PMPs (Santana *et al.*, 2020; Figueira; Freitas, 2020).

Da mesma forma, pesquisas têm investigado a conexão entre os componentes das FEs e o desempenho em matemática, com foco em como esses componentes afetam indiretamente a fluência matemática e a compreensão de leitura (Blair; Razza, 2007; Cragg *et al.*, 2017). Por exemplo, a memória de trabalho e o desempenho matemático têm sido associados indiretamente a habilidades na execução de procedimentos aritméticos (Cragg *et al.*, 2017; Kaskens *et al.*, 2022). Por outro lado, o controle inibitório e a memória de trabalho contribuíram de forma indireta para a habilidade matemática por meio da compreensão leitora em crianças de sete a dez anos (Cantin *et al.*, 2016). Embora esses fatores já sejam reconhecidos como importantes, nenhum estudo investigou o papel mediador conjunto das tarefas de cálculo e da compreensão leitora na relação entre os componentes das FEs e o desempenho em PMPs, considerando as diferenças de sexo existentes e destacando a possível influência sequencial de diferentes mediadores nessa relação.

Assim, considerando que essa questão ainda não foi explorada pela literatura, o objetivo do presente estudo foi investigar se fluência aritmética e compreensão de leitura atuam como mediadores na relação entre FEs (controle inibitório e memória de trabalho) e a resolução de PMPs em crianças e adolescentes, considerando possíveis diferenças de sexo. Nossa hipótese é que tanto a fluência aritmética quanto a compreensão de leitura podem mediar conjunta e positivamente a relação entre os componentes executivos e a resolução de PMPs.

Método

O presente estudo adotou um delineamento transversal para investigar as relações entre controle inibitório, memória de trabalho, compreensão de leitura, fluência aritmética e desempenho em PMPs. Participaram do estudo 71 crianças e adolescentes (36 meninas) de uma escola pública do ensino fundamental localizada em Belém, Pará, Brasil. Esses participantes

estavam distribuídos em três anos escolares: 13 no quarto ano (idade média = $9,5 \pm 0,66$ anos), 25 no quinto ano (idade média = $10,7 \pm 0,83$ anos) e 33 no sexto ano (idade média = $11,7 \pm 0,57$ anos). Todos apresentavam desenvolvimento típico, e o consentimento por escrito foi obtido dos pais ou responsáveis por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará (CAAE: 76887417.2.0000.0018).

A avaliação incluiu cinco tarefas distintas para mensurar as funções executivas e o desempenho acadêmico: compreensão de leitura, fluência aritmética, problemas matemáticos de palavras, controle inibitório e memória de trabalho. Cada tarefa seguiu procedimentos padronizados para garantir a confiabilidade e a validade das medidas (Figura 1).

Para avaliar a compreensão de leitura, aplicou-se o teste de Cloze, um método desenvolvido para verificar a integração das informações escritas com o conhecimento prévio do leitor (Joly, 2009). O texto utilizado foi uma história infantil validada, intitulada “A Princesa e o Fantasma” (Santos, 2005; Santos; Oliveira, 2010), que demonstrou fortes propriedades psicométricas no Brasil, incluindo consistência interna ($\alpha > 0,70$) (Mota; Santos, 2014). O teste consistiu na omissão de cada quinta palavra do texto, substituída por um espaço em branco proporcional ao comprimento da palavra. Os participantes foram instruídos a preencher os espaços com palavras que expressassem o sentido pretendido. A tarefa teve uma pontuação máxima de 15 pontos, sendo o desempenho classificado nos níveis de frustração ($\leq 44\%$ de acertos), instrucional ($45\text{--}57\%$ de acertos) e independente ($\geq 57\%$ de acertos).

A fluência aritmética avaliou habilidades de aritmética mental e foi adaptada a partir dos critérios estabelecidos por Lyons e Beilock (2012). Um total de 40 expressões aritméticas no formato $(a \times b) - c = d$ foi apresentado em um monitor de 14 polegadas (resolução 1366x768). Os participantes deveriam resolver os problemas mentalmente e dizer as respostas em voz alta. O teste incluiu 10 questões de baixa complexidade, 20 de complexidade média e 10 de alta complexidade, com a dificuldade determinada por restrições como $5 < a < 9$, $5 < b < 9$ e $5 < c < 16$. Cada sessão teve duração máxima de 10 minutos, durante os quais os participantes tentaram resolver o maior número possível de equações. O desempenho foi pontuado com base no total de acertos.

Para medir o desempenho em problemas matemáticos de palavras (PMPs), os participantes realizaram um teste elaborado com base na teoria das estruturas aditivas proposta por Vergnaud (1996) e nos critérios de classificação de Parmar, Cawley e Frazita (1996). O teste consistiu em 30 problemas de adição e subtração apresentados em ordem aleatória, a fim de controlar os efeitos de sequência. Os problemas foram apresentados em dois formatos: um

com linguagem comparativa explícita (por exemplo, “Joice tem três canetas a mais do que Marcela”) e outro com comparações implícitas (por exemplo, “Jorge tem cinco brinquedos a menos do que Pablo”). Os participantes registraram suas respostas em papel, e o desempenho foi avaliado com base no número total de acertos.

O controle inibitório foi avaliado por meio da tarefa de Flanker, um teste não verbal amplamente utilizado, adaptado do paradigma de setas flanqueadoras de Eriksen (Stins *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2024). Os estímulos consistiam em setas brancas apresentadas em uma tela preta. Os participantes foram instruídos a focar na seta central (alvo), ignorando as setas flanqueadoras, que podiam ser congruentes (apontando na mesma direção) ou incongruentes (apontando em direção oposta). As respostas eram dadas pressionando teclas específicas no teclado, de forma rápida e precisa. A tarefa incluiu 9 tentativas de adaptação, seguidas por 200 tentativas válidas, com cada estímulo exibido por 800 ms e um intervalo entre estímulos de 1000 ms. A acurácia (percentual de respostas corretas) e o tempo de reação (ms) foram registrados como medidas de desempenho.

Para medir a memória de trabalho, foi aplicado o Teste dos Blocos de Corsi por meio do software Psychology Experiment Building Language (PEBL) (Kessels *et al.*, 2008; Franklin *et al.*, 2010). A tarefa consistia em uma grade com nove quadrados azuis exibidos sobre um fundo preto. Uma sequência de quadrados piscava em amarelo, em ordem aleatória, e os participantes deveriam reproduzir a sequência clicando nos quadrados com o mouse do computador. A tarefa iniciava com uma sequência de dois quadrados e aumentava progressivamente em dificuldade até que o participante cometesse três erros consecutivos. O desempenho foi quantificado por meio do *span* de memória, calculado como: $(2 + \text{total de acertos}) / 2$. Essa medida reflete a capacidade do participante de reter e reproduzir informações visuoespaciais.

Todas as avaliações foram realizadas individualmente, em uma sala silenciosa, com temperatura controlada e livre de distrações externas. Cada sessão teve duração aproximada de 34 minutos, com os participantes posicionados a 50 cm da tela do computador para as tarefas computadorizadas. As tarefas de compreensão de leitura e resolução de PMPs foram aplicadas com caneta e papel, sob a supervisão de pesquisadores treinados, garantindo a padronização dos procedimentos.

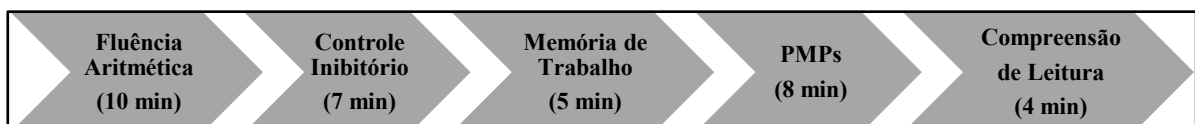


Figura 1: Desenho do estudo que mostra a sequência das medidas avaliadas.

Análise Estatística

Inicialmente, utilizamos o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade da amostra e identificar valores que não se ajustavam à distribuição. Também foram realizadas estatísticas descritivas para todas as variáveis. Simultaneamente, utilizamos a correlação de Spearman para construir uma matriz de correlação entre as variáveis. O nível de significância foi estabelecido em [$p \leq 0,05$ (); $p \leq 0,01$ (**)], e a magnitude estatística foi definida de acordo com o seguinte critério: “alta” quando $> 0,70$; “boa” entre 0,50 e 0,70; “moderada” entre 0,30 e 0,50; e “fraca ou sem associação” quando $< 0,30$ (Hinkle; Wiersma; Jurs, 2003).

O script PROCESS para SPSS (Bolin, 2014) e o modelo 6 (mediação serial múltipla) foram utilizados para a análise de mediação. Foram considerados dois mediadores, e a análise foi conduzida por regressão linear com *bootstrapping* (5.000 amostras) (Preacher; Hayes, 2008). O efeito indireto foi considerado significativo quando o zero não estava contido no intervalo de confiança (IC) de 95% (Hayes, 2017). Na mediação serial, os possíveis mediadores são conectados em uma ordem específica: o preditor se relaciona com o primeiro mediador, que se relaciona com o segundo mediador, que por sua vez se relaciona com o desfecho ($X \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow Y$) (Hayes, 2017).

Foram determinados três efeitos indiretos e um efeito direto a partir do modelo geral de análise de mediação serial, conforme ilustrado na Figura 2. Os efeitos indiretos **a1b1** e **a2b2** representam mediações simples, nas quais a fluência aritmética (M1) e a compreensão de leitura (M2) intervêm na relação entre a função executiva (X) e a resolução de PMPs (Y). O terceiro efeito, **a1d21b2**, corresponde a uma mediação serial, em que ambos os mediadores atuam na relação entre X e Y. O efeito direto (**c'**) representa o impacto de X sobre Y quando os mediadores são controlados (Hayes, 2017). Foram realizadas duas análises de mediação com base nos modelos propostos, controladas por sexo.

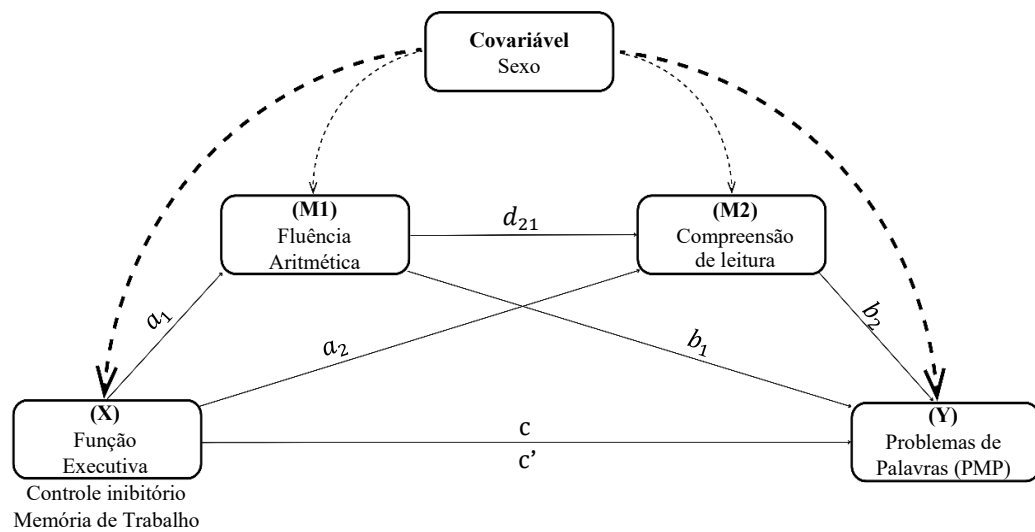


Figura 2: Diagrama do modelo geral de mediações seriais múltiplas na relação entre X e Y. X: preditor; Y: desfecho; M1: mediador 1; M2: mediador 2. Covariável: sexo.

Resultados

Os participantes tinham entre 9 e 13 anos de idade, com média de $10,9 \pm 1,06$ anos, sendo 50,7% do sexo feminino. As análises revelaram que os meninos apresentam melhor desempenho na fluência aritmética [$t(69) = -2,49$, $p < 0,05$] e na memória de trabalho [$t(69) = -2,48$, $p < 0,05$] em relação às meninas. Não houve diferenças para as demais variáveis analisadas, conforme tabela 1.

Tabela 1: Características dos participantes do estudo.

Sexo	Frequência	Idade	Compreensão de Leitura	Fluência Aritmética	PMPs	Controle Inibitório	Memória de Trabalho
Feminino	50,7 (%)	$11,3 \pm 1,18$	$8,33 \pm 3,37$	$7,36 \pm 6,62$	$5,08 \pm 4,31$	$0,74 \pm 0,18$	$3,80 \pm 1,12$
Masculino	49,3 (%)	$10,9 \pm 0,93$	$7,17 \pm 3,41$	$11,40 \pm 7,00^*$	$6,09 \pm 5,17$	$0,80 \pm 0,12$	$4,41 \pm 0,93^*$
Geral	100 (%)	$10,9 \pm 1,06$	$7,76 \pm 3,42$	$9,35 \pm 7,06$	$5,58 \pm 4,75$	$0,77 \pm 0,15$	$4,10 \pm 1,07$

Os valores são apresentados como média $\pm$ desvio padrão. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ entre sexos.

A Tabela 2 apresenta a matriz de correlação entre todas as variáveis do estudo, identificando somente correlação positiva. Quase todas as correlações foram estatisticamente significativas, com exceção da relação entre compreensão de leitura e memória de trabalho.

Tabela 2: Matriz de correlação entre todas as variáveis do estudo (*r*).

		Compreensão de leitura	Fluência aritmética	Problemas de palavras	Controle inibitório
Fluência aritmética	<i>r</i>	0.281*			
Problemas de palavras	<i>r</i>	0.515**	0.583**		
Controle inibitório	<i>r</i>	0.281*	0.380**	0.311**	
Memória de trabalho	<i>r</i>	0.050	0.436**	0.268*	0.486**

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$

O primeiro modelo (Tabela 3) analisou se a fluência numérica e a compreensão de leitura mediarão a relação entre o controle inibitório e PMPs. Foram encontrados efeitos indiretos na presença de cada mediador, M1 ($X \rightarrow M1 \rightarrow Y$; $B = 0,115$; IC = 0,034 a 0,231) e M2 ($X \rightarrow M2 \rightarrow Y$; $B = 0,100$; IC = 0,022 a 0,192), como quando ambos os mediadores estavam presentes ($X \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow Y$; $B = 0,023$; IC = 0,004 a 0,048). A Figura 3 mostra que o efeito direto (c' : 0,08) de X sobre Y é positivo, mas não significativo. Observou-se uma relação positiva significativa entre X e M1 ($a1$: 0,26), entre M1 e M2 ($d21$: 0,26) e entre M2 e Y ($b2$: 0,33). Além disso, identificou-se uma relação positiva entre X e M2 ($a2$: 0,30) e entre M1 e Y ($b1$: 0,44).

Tabela 3: Efeito indireto da mediação serial múltipla: controle inibitório

Efeito	Produto dos coeficientes		Intervalo de confiança de 95% BC (IC) de bootstrapping	
	Estimativa pontual	Boot SE	BootLL CI	BootUL CI
Efeito indireto 1: $X \rightarrow M1 \rightarrow Y$	.115	.050	.034	.231
Efeito indireto 2: $X \rightarrow M2 \rightarrow Y$	.100	.043	.022	.192
Efeito indireto 3: $X \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow Y$	.023	.011	.004	.048

Nota: $n = 71$. Número de amostras bootstrap para o intervalo de confiança corrigido por viés: 5.000. O nível de confiança para todos os IC foi de 95%. X = tempo de acurácia; M1 = pontuação de fluência aritmética; M2 = pontuação em compreensão de leitura; Y = pontuação de desempenho em PMPs. BootLL = limite inferior; BootUL = limite superior. Os valores em negrito indicam a presença de mediação.

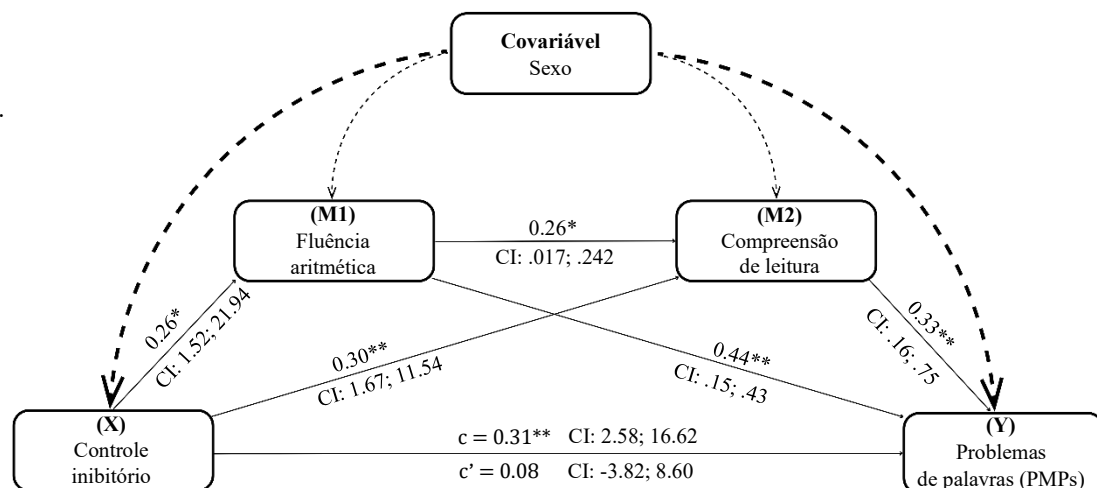


Figura 3: Resultados da mediação serial múltipla no modelo para controle inibitório. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. X: preditor; Y: desfecho; M1: mediador 1; M2: mediador 2. Covariável: sexo.

O segundo modelo (Tabela 4) analisou se a fluência numérica e a compreensão de leitura mediariam a relação entre a memória de trabalho e PMPs. Essas mediações foram observadas tanto apenas na presença de M1 ($X \rightarrow M1 \rightarrow Y$; $B = 0,133$; $IC = 0,045$ a $0,267$) quanto quando ambos os mediadores estavam presentes ($X \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow Y$; $B = 0,035$; $IC = 0,008$ a $0,067$). A Figura 4 mostra que o efeito direto (c' : 0,04) de X sobre Y é positivo, mas não significativo. Observou-se uma relação positiva significativa entre X e M1 ($a1$: 0,30), entre M1 e M2 ($d21$: 0,33) e entre M2 e Y ($b2$: 0,35). Além disso, foi identificada uma relação positiva entre M1 e Y ($b1$: 0,44).

Tabela 4: Efeito indireto da mediação serial múltipla: memória de trabalho

Efeito	Produto dos coeficientes		Intervalo de confiança de 95% BC (IC) de bootstrapping	
	Estimativa pontual	Boot SE	BootLL CI	BootUL CI
Efeito indireto 1: $X \rightarrow M1 \rightarrow Y$	.133	.056	.045	.267
Efeito indireto 2: $X \rightarrow M2 \rightarrow Y$	.025	.051	-.074	.134
Efeito indireto 3: $X \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow Y$	.035	.015	.008	.067

Nota: $n = 71$. Número de amostras bootstrap para o intervalo de confiança corrigido por viés: 5.000. O nível de confiança para todos os IC foi de 95%. X = memória de trabalho; M1 = pontuação de fluência aritmética; M2 = pontuação em compreensão de leitura; Y = pontuação de desempenho em PMPs. BootLL = limite inferior; BootUL = limite superior. Os valores em negrito indicam a presença de mediação.

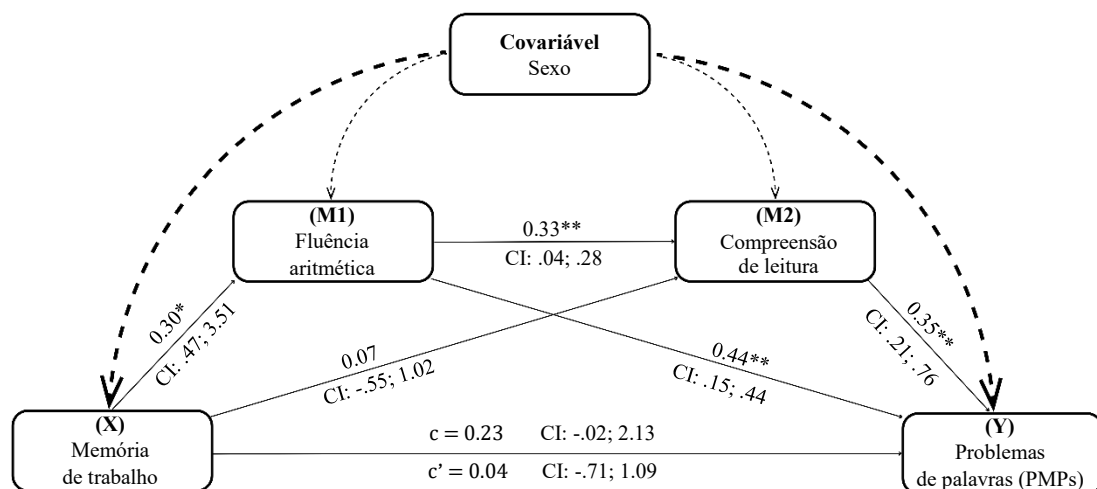


Figura 4: Resultados da mediação serial múltipla no modelo para memória de trabalho. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. X: preditor; Y: desfecho; M1: mediador 1; M2: mediador 2. Covariável: sexo.

Embora o sexo tenha sido um fator importante nos modelos principais e demonstrado relevância para toda a sequência ($X \rightarrow M1 \rightarrow M2 \rightarrow Y$), uma análise de sensibilidade por sexo mostrou que esses efeitos não se mantêm quando os dados são divididos em grupos de meninos e meninas. No modelo geral, esse resultado indica que o sexo atua como um fator de ajuste global, modificando a relação mediada como um todo, mas sem diferenciar consistentemente os grupos quando analisados separadamente. Mesmo tendo sido utilizado como moderador em

análises adicionais, o sexo não contribuiu para esclarecer diferenças específicas. Isso indica que seu papel parece ser mais relevante como covariável global do que como moderador dos efeitos de mediação.

Discussão

O principal objetivo deste estudo foi investigar o papel mediador serial da fluência aritmética e da compreensão de leitura na relação entre as funções executivas (FEs) e problemas matemáticos de palavras (PMPs) em crianças e adolescentes. Tanto o controle inibitório quanto a memória de trabalho mostraram-se preditores significativos da resolução de PMPs, quando mediados pela fluência aritmética e compreensão de leitura, ajustado para sexo. Esses achados destacam o papel das FEs em contextos acadêmicos, reforçando sua conexão com a integração de habilidades matemáticas e linguísticas.

Os achados estão em consonância com um corpo robusto de evidências sobre a contribuição das FEs para o desempenho acadêmico (Cragg *et al.*, 2017; Kaskens *et al.*, 2022; Dias, Pereira; Seabra, 2022; Younger *et al.*, 2023). Estudos anteriores indicam que o controle inibitório e a memória de trabalho desempenham papéis cruciais na gestão de múltiplas informações e na execução de tarefas complexas, como aquelas que envolvem cálculo e leitura (Seabra *et al.*, 2014; Friedman; Miyake, 2017; Cragg *et al.*, 2017). Especificamente, a memória de trabalho facilita a manipulação ativa de informações numéricas e textuais (Cantin *et al.*, 2016; Moustafa *et al.*, 2017), enquanto o controle inibitório atua filtrando distrações irrelevantes e direcionando o foco para os elementos centrais das tarefas (Toledo, 2019; Dias, Pereira; Seabra, 2022). O impacto combinado dessas habilidades é particularmente relevante para a resolução de PMPs, que exige a integração de múltiplas fontes de informação e a aplicação sequencial de estratégias cognitivas (Imbo; Vandierendonck, 2007; Kaskens *et al.*, 2022).

A mediação serial identificada reforça a interdependência entre cálculo e leitura no desempenho em problemas matemáticos de palavras. A relação direta entre a fluência aritmética e a compreensão de leitura sugere que essas habilidades não operam de forma isolada, mas como processos cognitivos interconectados que se apoiam mutuamente (Assis *et al.*, 2021; Ernst; Grenell; Carlson, 2022). Por exemplo, a compreensão de leitura desempenha um papel central na decodificação e interpretação de enunciados matemáticos (Gonçalves *et al.*, 2017; Ernst; Grenell; Carlson, 2022), enquanto as habilidades de cálculo sustentam a resolução eficiente das operações numéricas (Dowker; Nuerk, 2017; Zang *et al.*, 2018). Esse achado

reforça a necessidade de abordagens educacionais integradas que desenvolvam essas habilidades de forma simultânea, potencializando seu impacto na aprendizagem.

Embora o modelo geral tenha indicado que o sexo atua como um fator global de ajuste, a análise estratificada revelou que as relações de mediação operam de forma diferente entre meninos e meninas. Para as meninas, tanto o controle inibitório quanto a memória de trabalho predizem o desempenho em PMPs por meio da fluência aritmética, destacando a dependência dessas habilidades cognitivas. Para os meninos, apenas a memória de trabalho apresentou essa predição por meio da fluência aritmética, ressaltando sua importância para o sucesso na resolução de PMPs (Rodríguez *et al.*, 2020; Nieto-Isidro; Martínez-Abad, 2024). Isso sugere que, em comparação à compreensão leitora, o domínio da fluência aritmética é um mediador central na relação entre a memória de trabalho e a resolução de PMPs, tanto para meninos quanto para meninas. Esses achados ajudam a esclarecer discrepâncias na literatura que apontam para diferenças entre os sexos — com vantagens das meninas na leitura e dos meninos no cálculo — ao indicar que ambos os grupos precisam aprimorar essas habilidades para alcançar o sucesso em PMPs (Santana; Roazzi; Melo, 2020).

Do ponto de vista prático, os resultados deste estudo têm implicações significativas tanto para a matemática quanto para a educação em geral. A integração de disciplinas que promovam simultaneamente o desenvolvimento das FEs, da fluência aritmética e da compreensão de leitura pode gerar benefícios substanciais para o desempenho acadêmico. Estratégias como jogos educativos, tarefas interativas e programas de aprendizagem simultânea têm se mostrado eficazes no aprimoramento das FEs e podem impactar diretamente a capacidade de resolver PMPs (Blair *et al.*, 2015; Clements; Sarama; Germeroth, 2015; Fuchs *et al.*, 2021). Além disso, reconhecer que outros fatores influenciam as diferenças de sexo, como contextos socioeconômicos e culturais, pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias educacionais que maximizem os resultados de intervenções pedagógicas de forma equitativa para meninos e meninas.

Embora este estudo tenha contribuído para a compreensão dos caminhos mediadores entre as funções executivas (FEs) e os PMPs, algumas limitações devem ser consideradas. Em primeiro lugar, o tamanho da amostra pode ter limitado o poder estatístico na análise de sensibilidade por sexo, o que possivelmente afetou a detecção de diferenças significativas no modelo geral quando analisado de forma estratificada. Em segundo lugar, o delineamento transversal impede inferências causais, sendo necessários estudos longitudinais para confirmar as trajetórias de desenvolvimento das relações observadas. Além disso, fatores como contexto socioeconômico, diferenças culturais, métodos pedagógicos, bem como outros componentes

das FEs — como flexibilidade cognitiva — podem desempenhar papéis importantes, mas não foram explorados no presente estudo. Pesquisas futuras poderão investigar essas variáveis moderadoras, ampliando a compreensão sobre como aspectos individuais e contextuais influenciam as relações exploradas neste e em outros estudos.

Portanto, nossos achados indicam que a fluência aritmética e a compreensão de leitura desempenham papéis fundamentais como mediadores positivos na relação entre funções executivas (FEs) e resolução de problemas matemáticos de palavras (PMPs). Essa associação se mostra significativa quando ambos os mediadores estão presentes e o sexo é considerado como variável de controle para possíveis diferenças, sendo a fluência aritmética uma variável crítica na relação entre a memória de trabalho e os PMPs, tanto para meninas quanto para meninos. No entanto, déficits nas FEs, na fluência aritmética e na compreensão de leitura interferem na eficiência cognitiva e acadêmica dessa relação. Assim, as evidências apresentadas contribuem para o desenvolvimento de pesquisas futuras e intervenções educacionais que considerem o impacto dos mediadores na relação entre as FEs e a resolução de problemas matemáticos.

Conclusão

Este estudo destaca o papel fundamental das funções executivas, especialmente o controle inibitório e a memória de trabalho, na resolução de problemas matemáticos de palavras, por meio da fluência aritmética e compreensão de leitura, entre meninos e meninas. Esses achados reforçam a necessidade de intervenções educacionais que promovam, de forma simultânea, o aprimoramento de habilidades cognitivas e acadêmicas intermediárias, como a fluência aritmética e a compreensão de leitura, a fim de otimizar a aprendizagem matemática. Ao elucidar esses caminhos, o estudo oferece contribuições práticas para educadores e formuladores de políticas públicas que buscam melhorar a alfabetização matemática e o desempenho escolar geral de crianças e adolescentes.

Conflito de interesses

O presente estudo é parte do projeto CAAE: 76887417.2.0000.0018, número: 3.195.511, com apoio da Universidade Federal do Pará (Brasil). Os autores declaram não haver conflitos de interesse. Este estudo foi financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ALVES GONÇALVES, H.; VIAPIANA, V. F.; SARTORI, M. S.; GIACOMONI, C. H.; STEIN, L. M.; FONSECA, R. P. Funções executivas predizem o processamento de habilidades básicas de leitura, escrita e matemática?. **Neuropsicologia Latinoamericana**, 9(3), 2017. Doi: 10.5579/rnl.2016.0393
- ASSIS, É. F.; NOGUES, C. P.; CORSO, L. V.; DORNELES, B. V.; CORSO, H. V. Relações entre a Compreensão de Leitura, Resolução de Problemas de Raciocínio Quantitativo e Funções Executivas. **Ciência & Educação (Bauru)**, 27. 2021. Doi: 10.1590/1516-731320210004
- BEST, J. R.; MILLER, P. H.; JONES, L. J. Executive functions after 5 years: Changes and correlations. **Development Review**, 29, 180–200, 2009. Doi: 10.1016/j.dr.2009.05.002.
- BOER, J. D. C.; ELIAS, L. C. D. S. Habilidades sociais, funções executivas e desempenho acadêmico: revisão sistemática. **Revista Psicopedagogia**, 2022. Doi: 10.51207/2179-4057.20220024
- BLAIR, C.; RAZZA, R. P. Relate effort control, executive function, and understanding of false belief with the emerging ability of math and literacy in kindergarten. **Child Dev.** 78(2): 647-63. 2007. Doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x.
- BLAIR, C.; URSACHE, A.; GREENBERG, M.; VERNON-FEAGANS, L. Several aspects of self-regulation predict mathematics in a unique way, but not the knowledge of letters and words in the early grades of elementary school. **Dev. Psychol.** 51 459–472, 2015. Doi: 10.1037/a0038813.
- CANTIN, R. H.; GNAEDINGER, E. K.; GALLAWAY, K. C.; HESSON-MCINNIS, M. S.; HUND, A. M. Executive functioning predicts reading, mathematics, and theory of mind during the elementary years. **J. Exp. Child Psychol.** 146 66–78, 2016. Doi:10.1016/j.jecp.2016.01.014.
- CLEMENTS, D. H.; SARAMA, J.; GERMEROTH, C. Learning executive function and early mathematics: Directions of causal relations. **Early Childhood Research Quarterly**, 36, 79–90, 2015. Doi: 10.1016/j.ecresq.2015.12.009
- CORSO, H. V.; ASSIS, É. F.; LOPES-SILVA, J. B.; PICCOLO, L. R. INTERVENÇÃO EM COMPREENSÃO DE LEITURA E FUNÇÕES EXECUTIVAS: EFEITOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS. **Educação Temática Digital**, Campinas, SP. v.25. e023047, p. 1-19, 2023. Doi: 10.20396/etd.v25i00.8667022
- CRAGG, L.; KEEBLE, S.; RICHARDSON, S.; ROOME, H. E.; GILMORE, C. Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. **Cognition**, 162 12–26, 2017. Doi: 10.1016/j.cognition.2017.01.014.
- DIAMOND, A. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, London, v. 64, p. 135-168, 2013.
- DIAS, N. M.; PEREIRA, A. P. P.; SEABRA, A. G. Executive Functions in the Prediction of Academic Performance in Elementary Education. **School and Developmental Psychology, Psic.: Teor. e Pesq.** 38, 2022. Doi: 10.1590/0102.3772e382114

DOWKER, A.; NUERK, H. Editorial: linguistic influences on mathematics. In: DOWKER, A.; NUERK, H. Linguistic influences on mathematical cognition. **Laussane: Frontiers Media**, 2017. p. 6-9.

ERNST, J. R.; GRENNELL, A.; CARLSON, S. M. Associations between executive function and early math and literacy skills in preschool children. **International Journal of Educational Research Open**, 3, 100201. 2022. Doi: 10.1016/j.ijedro.2022.100201

FARIA, E. L. B.; JÚNIOR, C. A. M. Os recursos da memória de trabalho e suas influências na compreensão da leitura. **Psicologia Ciência E Profissão**, 33(2), 288–303, 2013. Doi: 10.1590/s1414-98932013000200004

FIGUEIRA, P. V. S. T.; FREITAS, P. M. Relação entre Ansiedade Matemática, Memória de Trabalho e Controle Inibitório: uma meta-análise. **Bolema Boletim De Educação Matemática**, 34(67), 678–696, 2020. Doi: 10.1590/1980-4415v34n67a16

FRANKLIN, T.; LEE, A.; HALL, N. The association of visuo-spatial operating memory with distimic disorder in prepubescent children. **Psychological Medicine**, 40(2), 253-61, 2010. Doi:10.1017/S0033291709990365.

FRIEDMAN, N. P.; MIYAKE, A. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. **Cortex**. 2017 Jan; 86: 186-204. doi: 10.1016/j.cortex.2016.04.023. Epub 2016 May 10. PMID: 27251123; PMCID: PMC5104682.

FUCHS, L. S. et al. Closing the word-problem achievement gap in first grade: schema-based word-problem intervention with embedded language comprehension instruction. **Journal of Educational Psychology**, Washington, v. 113, n.1, p. 86-103, 2021. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000467>

HAYES, A. F. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis, Second Edition: A Regression-Based Approach. **Guilford Publications**; 714 p. 2017.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. Applied statistics for the behavioral sciences. 5th ed. Boston, Mass., **London: Houghton Mifflin**; 756 p. 2003.

IMBO, I.; VANDIERENDONCK, A. The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. **Journal of Experimental Child Psychology**, 96, 284–309, 2007. Doi: 10.1016/j.jecp.2006.09.001.

JOLY, M. C. R. A. Estudos com o Sistema Orientado de Cloze para o ensino Fundamental. In: SANTOS, A. A. A.; BUCHOVITCH, E.; OLIVEIRA, K. L. (Ed.). **Cloze: um instrumento de diagnóstico e intervenção**. São Paulo: Casa do Psicólogo. 119-144, 2009.

KASKENS, J.; GOEL, S.; VAN LUIT, J.; VERHOEVEN, L.; SEGERS, E. The roles of arithmetic fluency and executive functioning in mathematical problem solving. **The Elementary School Newspaper**, 123(2), 271 – 291, 2022. Doi: 10.1086/721771

KESSELS, R. P. C.; VAN DEN BERG, E.; RUIS, C.; BRANDS, A. M. A. The Backward Span of the Corsi Block-Tapping Task and Its Association With the WAIS-III Digit Span. **Assessment**, 15(4), 426–434, 2008. Doi: 10.1177/1073191108315611.

LIMA, P. V. P. DE; MOREIRA, G. E. Avaliação do desempenho matemático no PISA: foco nos países latino-americanos. **Educação Matemática Em Revista**, 29(84), 1-23, 2024. Doi: 10.37001/emr.v29i84.3926

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. (a). Mathematics anxiety: separating the math from the anxiety. *Cereb. Cortex*, 22 2102–2110, 2012. Doi: 10.1093/cercor/bhr289

MOTA, M. M. P. E.; SANTOS, A. A. A. **O Cloze como instrumento de avaliação de leitura nas séries iniciais**. Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional, SP, Volume 18, Número 1, 135-142, 2014.

MOUSTAFA, A.; TINDLE, R.; ANSARI, Z.; DOYLE, M.; HEWEDI, D.; EISSA, A. Mathematics, anxiety, and the brain. *Reviews in the Neurosciences*. 28(4): 417-429, 2017. Doi: 10.1515/revneuro-2016-0065.

NIETO-ISIDRO, S.; MARTÍNEZ-ABAD, F. PISA Maths-Reading index and its relationship with gender and levels of performance. *International Journal of Educational Research*, 127, 102440, 2024. Doi: 10.1016/j.ijer.2024.102440

PARMAR, R. S.; CAWLEY, J. F.; FRAZITA, R. R. Word Problem-Solving by Students with and without Mild Disabilities. *Exceptional Children*. 62(5):415-429, 1996. Doi:10.1177/001440299606200503.

PENG, P. The role of executive function in reading development and reading intervention. *Mind, Brain, and Education*, 17(4), 246–256, 2023. Doi: 10.1111/mbe.12375

PREACHER, K. J.; HAYES, A. F. Asymptotic and resampling strategies for assessing and comparing indirect effects in multiple mediator models. *Behav Res Methods*. 40(3): 879-91, 2008.

RODRÍGUEZ, S.; REGUEIRO, B.; PIÑEIRO, I.; ESTÉVEZ, I.; VALLE, A. Gender Differences in Mathematics Motivation: Differential effects on performance in Primary education. *Frontiers in Psychology*, 10, 2020. Doi: 10.3389/fpsyg.2019.03050

SANTANA, A. N.; ROAZZI, A.; MELO, M. R. A. Os três componentes executivos básicos e o desempenho matemático escolar. *Revista Brasileira De Estudos Pedagógicos*, 101(259), 2020. Doi: 10.24109/2176-6681.rbep.101i259.4137

SANTOS, A. A. A. **O Teste de Cloze como instrumento de diagnóstico e de desenvolvimento da compreensão em leitura**. Relatório técnico. Itatiba: Universidade São Francisco, 2005.

SANTOS, A. A. A.; OLIVEIRA, E. Z. **Avaliação e desenvolvimento da compreensão em leitura no ensino fundamental**. Psico-USF, 15, 93-102, 2010.

SEABRA, A. G.; MUNIZ, M.; REPPOLD, C. T.; DIAS, N.; SIQUARA, G.; TOURINHO, A. M. O.; GURGEL, L. G.; TEIXEIRA, L. P. Funções executivas e desempenho escolar. In: Inteligência e funções executivas. São Paulo: *Memnon*, p. 171-182, 2014.

STINS, J. F.; POLDERMAN, J. C.; BOOMSMA, D. I.; DE GEUS, E. J. Conditional accuracy in response interference tasks: Evidence from the Eriksen flanker task and the spatial conflict task. *Adv Cogn Psychol*. Jul 15;3(3):409-17, 2008. Doi: 10.2478/v10053-008-0005-4

TOLEDO, C. S. Relação entre memória de trabalho e habilidade matemática em crianças entre 8 e 9 anos. *Rev. psicopedag.*, São Paulo, v. 36, n. 111, p. 285-292, dez. 2019.

Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384862019000400004&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 24 jan. 2025.

VERGNAUD, G. A Teoria dos Campos conceituais. In: BRUN, J. **Didática das matemáticas**. Tradução de Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, p. 155-191, 1996.

WANG, L.; LI, J.; JIA, F.; LIAN, L.; LI, L. The Development of Response and Interference Inhibition in Children: Evidence from Serious Game Training. **Children** 2024, 11, 138. <https://doi.org/10.3390/children11020138>

YOUNGER, J. W.; O'LAUGHLIN, K. D.; ANGUERA, J. A.; BUNGE, S. A.; FERRER, E. E.; HOEFT, F.; MCCANDLISS, B. D.; MISHRA, J.; ROSENBERG-LEE, M.; GAZZALEY, A.; UNCAPHER, M. R. Better together: novel methods for measuring and modeling development of executive function diversity while accounting for unity. **Front Hum Neurosci.** 2023 Jul 24; 17:1195013. doi: 10.3389/fnhum.2023.1195013. PMID: 37554411; PMCID: PMC10405287.

ZHANG, J.; CHEUNG, S. K.; WU, C.; MENG, Y. Cognitive and Affective Correlates of Chinese Children's Mathematical Word Problem Solving. **Frontiers in Psychology**, 9, 2018. Doi:10.3389/fpsyg.2018.02357.

3. **ARTIGO 2:** Artigo de revisão abrangente da literatura publicado na revista *Revista Exitus*, Santarém/PA, Vol. 14, p. 01 - 23, e024021, 2024. DOI: 10.24065/re.v14i1.2584

TÍTULO: PARE A AULA E FAÇA EXERCÍCIOS! PAUSAS FISICAMENTE ATIVAS MELHORAM O DESEMPENHO EM LEITURA E MATEMÁTICA DE CRIANÇAS ESCOLARES

Resumo

A Atividade Física (AF) tem efeitos sobre as Funções Executivas (FE), as quais, por sua vez, foram associadas à melhoras tanto na leitura quanto na matemática. Esse trabalho teve como objetivo analisar a literatura de investigações sobre os efeitos de intervenções em aulas com pausas fisicamente ativas no desempenho em leitura e matemática em escolares. Foram selecionadas pesquisas em bancos de dados eletrônicos, com critérios de inclusão e exclusão delineados. Realizou-se processo de identificação, triagem, elegibilidade dos artigos, resultando na inclusão de sete estudos. Em geral, a literatura sugere que há efeitos positivos de aulas com pausas fisicamente ativas na leitura e de maneira mais eficaz no desempenho matemático. Além disso, as aulas fisicamente ativas não custam o tempo das aulas acadêmicas e ainda contribuem para a quantidade de AF de moderada a vigorosa recomendada diariamente para a saúde das crianças. Essa relação parece ser mediada pela melhoria da FE que suporta a aprendizagem. Implicações para a área de Educação Matemática são discutidas.

Palavras-chave: Educação Matemática. Atividade Física. Cognição.

STOP CLASS AND DO EXERCISES! PHYSICALLY ACTIVE BREAKS IMPROVE SCHOOL CHILDREN'S READING AND MATHEMATICS PERFORMANCE

Abstract

Physical Activity (PA) has effects on Executive Functions (EF), which, in turn, have been associated with achievement in both reading and mathematics. This work aimed to analyze the research literature on the effects of interventions in classes with physically active breaks on reading and mathematics performance in schoolchildren. Research in electronic databases was selected, with inclusion and exclusion criteria outlined. A process of identification, screening and eligibility of articles was carried out, resulting in the inclusion of seven studies. In general, the literature suggests that there are positive effects of classes with physically active breaks on reading and more effectively on mathematical performance. Furthermore, physically active classes do not cost academic class time and still contribute to the amount of moderate to vigorous PA recommended daily for children's health. This relationship appears to be mediated by improved EF that supports learning. Implications for the area of Mathematics Education are discussed.

Keywords: Mathematical Education. Physical activity. Cognition.

¡PARA CLASES Y HAGA EJERCICIOS! LOS DESCANSOS FÍSICAMENTE ACTIVOS MEJORAN EL RENDIMIENTO EN LECTURA Y MATEMÁTICAS DE LOS ESCOLARES

Resumen

La Actividad Física (AF) tiene efectos sobre las Funciones Ejecutivas (FE), que, a su vez, se han asociado con el rendimiento tanto en lectura como en matemáticas. Este trabajo tuvo como objetivo analizar la literatura de investigación sobre los efectos de las intervenciones en clases con descansos físicamente activos sobre el rendimiento en lectura y matemáticas en escolares. Se seleccionaron investigaciones en bases de datos electrónicas, delineándose criterios de inclusión y exclusión. Se realizó un proceso de identificación, selección y elegibilidad de artículos, resultando en la inclusión de siete estudios. En general, la literatura sugiere que existen efectos positivos de las clases con descansos físicamente activos en la lectura y de manera más efectiva en el rendimiento matemático. Además, las clases de actividad física no cuestan tiempo de clase académica y aún así contribuyen a la cantidad de AF de moderada a vigorosa recomendada diariamente para la salud de los niños. Esta relación parece estar mediada por una FE mejorada que apoya el aprendizaje. Se discuten implicaciones para el área de la Educación Matemática.

Palabras clave: Educación Matemática. Actividad física. Cognición.

Introdução

Leitura e matemática são eixos centrais do currículo escolar e o papel destas habilidades nas sociedades tecnológicas modernas é fundamental (Beck *et al.*, 2016). Nas últimas décadas, as preocupações com o declínio do interesse pelo estudo da matemática e a baixa compreensão em leitura das crianças foram expressas em diferentes medidas padronizadas de avaliação educacional (Kennedy; Lyons; Quinn, 2014; Tuohilampi; Hannula; Laine, 2014).

O Programa de Avaliação Internacional do Estudante (PISA) da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) avalia o desempenho dos alunos em leitura, matemática e ciências de diferentes países. Conforme os dados dos últimos relatórios, a comparação da proficiência na subescala “Compreender”, por exemplo, mostrou que a pontuação média do Brasil (379 pontos) é 19,7% inferior à média dos países da organização (472 pontos) (OCDE, 2022).

Além disso, esses relatórios também apresentam as diferenças regionais ao avaliar os estudantes brasileiros por nível de proficiência matemática, apontando que cerca de 40% dos alunos da região Sul, 36% das regiões Centro-Oeste e Sudeste e somente 24% nas regiões Norte e Nordeste encontram-se no Nível 2 ou acima, numa escala de 1 a 6 (Inep, 2019; OCDE, 2022). Considerando os dados do PISA, evidencia-se o baixo desempenho acadêmico dos aprendizes tanto em relação a outras nações, quanto com discrepância ainda entre as regiões brasileiras.

Ademais, há prevalência negativa dos resultados estudantis nas avaliações ligadas à educação no âmbito governamental (Prova Brasil, Sistema de Avaliação da Educação Básica, Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas) que anualmente demonstram o déficit de aprendizagem em leitura e matemática, no geral, e na interpretação e resolução de problemas matemáticos, em particular, principalmente na região Norte do país.

Estudos realizados por Zang *et al.* (2018), por exemplo, investigaram características cognitivas referentes à capacidade para a solução de problemas matemáticos de palavras⁸ e mostraram que esse domínio é afetado pelo processo de compreensão verbal (leitura) e pela compreensão matemática (habilidade de cálculo), que são dependentes do desempenho cognitivo aprimorado e condições neurobiológicas adequadas (Costa; Monteiro, 2015).

Nesse aspecto, destacam-se as Funções Executivas (FE), necessárias à aprendizagem e frequentemente associadas ao córtex pré-frontal do cérebro, como um conjunto de habilidades cognitivas requeridas para realizar diversas atividades que regulam comportamentos

⁸ Problemas contextualizados, em que as crianças são, portanto, obrigadas a integrar suas habilidades linguísticas e básicas de cálculo para descobrir as soluções.

intencionais relacionados a objetivos ou a demandas ambientais (Capovilla *et al.*, 2007; León *et al.*, 2013; Malloy-Diniz *et al.*, 2008), sendo fundamentais para o direcionamento e regulação de várias habilidades intelectuais, emocionais e sociais. Seus componentes incluem a flexibilidade cognitiva, controle inibitório (considerando autocontrole e autorregulação) e memória de trabalho (Diamond *et al.*, 2007; Miyake *et al.*, 2000; Zimmermann *et al.*, 2016).

A memória de trabalho e controle inibitório são apontados como determinantes centrais para o desempenho acadêmico em crianças (Aronen *et al.*, 2005; Lee; Bull, 2016). O primeiro é responsável por armazenar e reter temporariamente a informação enquanto determinada tarefa está sendo realizada, dando suporte às atividades cognitivas, como por exemplo, leitura e cálculos (Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2006; Miyake *et al.*, 2000; Sternberg; Sternberg, 2016); Já o segundo, refere-se à capacidade de resistir a inclinação para fazer algo ou mudar o foco atencional e, ao invés de ceder à distratores, fazer o que é mais adequado ou necessário em determinada situação (Meltzer, 2010; Sternberg; Sternberg, 2016).

A memória de trabalho, associada a outras habilidades cognitivas, como a inibição, a orientação espacial e o raciocínio, são fundamentais e preditores da aprendizagem matemática na aritmética, resolução de problemas, escrita, leitura e compreensão (Andersson, 2008; Baddeley, 2006; Bastos, 2016; Bull; Scerif, 2001). Identificou-se a ativação de redes neurais específicas no processamento de informações envolvendo matemática e leitura, abrangendo áreas como o córtex pré-frontal (PFC) e córtex cingulado parietal/posterior (PCC), o que sugere, por exemplo, que a rede de atenção frontoparietal suporta o desempenho escolar nessas disciplinas (Hillman *et al.*, 2008).

Estudos de neuroimagem (Hillman; Erickson; Kramer, 2008; Li *et al.*, 2014) enfatizam que a promoção de estilo de vida fisicamente mais ativo pode beneficiar o desenvolvimento e aprimoramento das FE, potencializando o sucesso no desempenho acadêmico durante os primeiros anos escolares. As pesquisas nessa direção vêm mostrando que níveis mais altos de atividade física⁹ moderada a vigorosa e níveis mais baixos de tempo sedentário, na infância, estão relacionados a estruturas e funções cerebrais melhoradas, funções cognitivas eficientes, maior autoestima, resiliência e adaptação escolar que podem potencializar o aprendizado (Haapala *et al.*, 2017).

⁹ Existe diferença entre Atividade Física e Exercício Físico, uma vez que o segundo é a parte estruturada da primeira. Entretanto, o termo Atividade Física é usado de maneira recorrente na literatura internacional para designar também a prática de exercício físico. Portanto, será utilizado “Atividade Física” conforme essa designação, visando justificar as palavras chaves da busca dos estudos nas bases de dados.

Além disso, esses estudos indicaram que o desempenho em testes padronizados de matemática e leitura estava positivamente relacionado à aptidão física¹⁰, medida usando o teste de resistência cardiovascular aeróbica progressiva (corrida de 20 metros) em crianças em idade escolar (DCE, 2001). Assim, como a aptidão física também foi relacionada à rede frontoparietal (Colcombe, 2004, 2006; Marks, 2007), é conveniente notar que as crianças poderiam obter benefícios no desempenho escolar quando aumentam a participação em atividades físicas. Porém, há carência de pesquisas sobre a relação entre aptidão física, função executiva, leitura e matemática, visando identificar possíveis contribuições para a resolução mais competente de problemas matemáticos, particularmente aqueles contextualizados, envolvendo leitura e cálculo, desde a infância.

Dessa forma, essa revisão tem o objetivo de investigar a literatura sobre os efeitos de intervenções de aulas com pausas fisicamente ativas no desempenho matemático e leitura em crianças escolares, assim como dialogar com as estratégias de sala de aula que favoreçam a aprendizagem eficiente da resolução de problemas matemáticos.

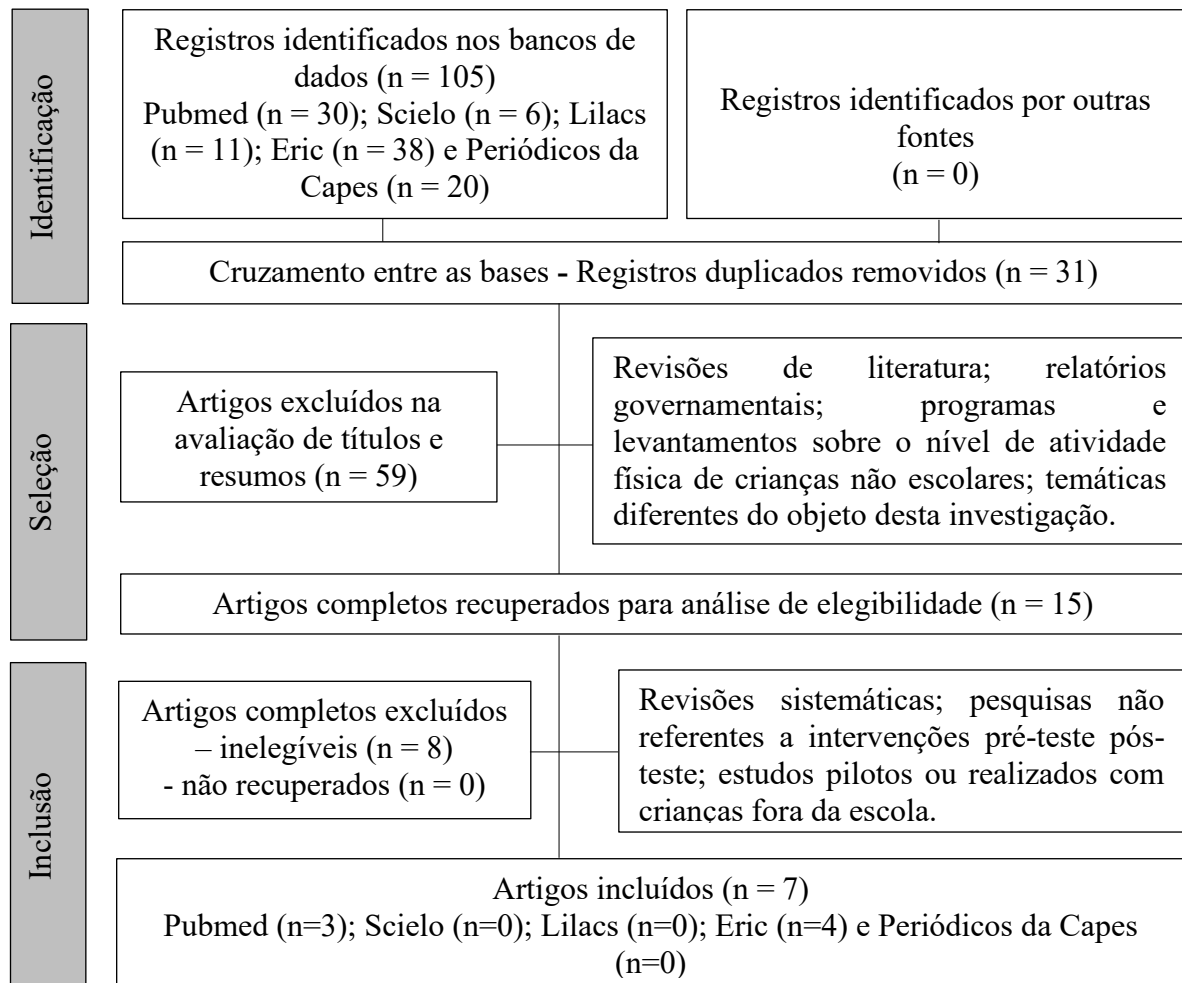
Método

As bases de dados eletrônicas PubMed, Scielo, Lilacs, ERIC e Periódicos da Capes foram escolhidas para a busca de estudos que investigaram intervenções de aulas com pausas fisicamente ativas no desempenho em leitura e matemática, por estarem mais associados às perspectivas de publicações que relacionam Neurociência e Educação. Termos-chave de busca incluíram a combinação das palavras, conforme as sintaxes: em inglês “Method AND Physical Activity AND Academic Performances AND Mathematic AND Reading AND Children” e em português “Atividade Física E Desempenho Matemático E Leitura E Intervenção E Crianças”.

Para essa revisão, incluiu-se todos os estudos que: i) indicaram intervenções de aulas com pausas fisicamente ativas e avaliaram o desempenho em leitura e matemática de crianças escolares; ii) publicados na última década; iii) envolveram protocolo de intervenção com pré e pós testes. Foram excluídos estudos que: i) foram desenvolvidos com crianças fora do período escolar; ii) não avaliaram o desempenho em leitura e matemática.

O fluxograma (Page *et al.*, 2021) foi utilizado como parâmetro para conduzir a identificação, triagem, elegibilidade e inclusão de estudos para essa revisão (Fluxograma 1).

¹⁰ É um conjunto de atributos relacionados à capacidade de realizar atividade ou exercício físico, sendo indicadores de desempenho esportivo e saúde cardiovascular (Plowman; Smith, 2009).

Fluxograma 1: Fluxograma de seleção dos estudos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados

Após a triagem, seleção e avaliação de adequação aos critérios de elegibilidade, sete estudos foram incluídos nessa revisão, os quais avaliaram o desempenho em matemática e leitura durante intervenções com pausas fisicamente ativas nas aulas. Destes, um foi publicado em 2013, dois foram publicados em 2015, um em 2016, dois foram publicados em 2018 e um em 2019. Além disso, todos os artigos avaliaram estudantes na faixa etária entre sete e dez anos, ou seja, entre a segunda e quinta séries. Um destes estudos realizou um desenho de intervenção não randomizado, dois quase experimental e os demais foram randomizados e controlados.

A presente revisão contou com a participação total de 2.196 sujeitos, dos quais 648 meninos e 560 meninas, porém a informação não estava disponível em todos os artigos. Os estudos também apresentaram diferentes formas de intervenção, variando entre: atividade física

integrada à realização matemática ou leitura e dança entre a realização matemática ou leitura, sendo que a atividade física aeróbica prevalece entre os protocolos aplicados.

Avaliação da matemática e leitura

O desempenho em matemática e leitura pode ser avaliado de diversas formas e através de vários testes. Dentre os estudos, quatro utilizaram testes padronizados nacionais ou medidas curtas de progresso projetadas para avaliar competências nessas disciplinas. Os demais usaram escalas específicas para mensurar as habilidades de matemática (*HRT 1–4*, *FastBridge Learning* e *Speed Test Aritmetic*) e leitura (*Salzburger Lesescreening*, *FastBridge Learning* e *E'en-Minuut*).

Duração da intervenção

Dentre os estudos incluídos, dois tiveram duração de 20 semanas de intervenção, onde um apresentou efeitos no desempenho matemático e leitura, mas o outro, apenas em matemática. Os demais, realizaram períodos superiores a 20 semanas de aplicação do protocolo para investigar as pausas fisicamente ativas nas aulas, e os resultados sugerem possível efeito crônico decorrente do aumento do nível de atividades físicas estruturadas nas crianças avaliadas. Além disso, mostram que incluir momentos de pausas ativas nas aulas, no decorrer do ano letivo, ajuda a aumentar o nível de aptidão física e não atrapalha no tempo de abordagem dos conteúdos que compõem o currículo escolar.

Resultados principais: influência da atividade física no desempenho em leitura e matemática

A partir dos estudos analisados, os resultados evidenciam a influência da atividade física no desempenho em leitura, matemática e na rotina escolar. Centeio *et al.* (2018), por exemplo, investigaram um total de 378 alunos do Ensino Fundamental que participaram de um programa de transformação escolar saudável de oito meses, aumentando a AF ao longo do dia, obtendo resultados significativos nas taxas de melhoria de compreensão de leitura e matemática.

Os mesmos efeitos foram encontrados no estudo realizado por Erwin, Fedewa e Ahn (2013), que investigaram a influência de pausas envolvendo AF em sala de aula sobre os resultados de desempenho acadêmico dos alunos, especialmente em leitura e matemática. Segundo os autores, os estudantes apresentaram notas mais altas de fluência de leitura e matemática após a intervenção. Isso corrobora com a maioria dos resultados das pesquisas nessa

área, sugerindo que a AF pode melhorar os resultados cognitivos das crianças (Fedewa; Ahn, 2011; Sibley; Etnier, 2003; Trudeau; Shephard, 2010).

Baseado nessa literatura, as pesquisas passaram a investigar a influência de pausas durante as aulas para incluir períodos de AF. O estudo de oito meses, conduzido por Fedewa *et al.* (2015) com 460 crianças de quatro escolas americanas, verificou se períodos adicionais de AF no currículo escolar (realizando atividades aeróbicas e resolvendo fatos matemáticos ou cartões de leitura simultaneamente) resultava em ganhos nos testes padronizados de desempenho acadêmico. As escolas foram divididas em grupo controle e intervenção e os resultados encontrados mostraram efeitos positivos na matemática e no desempenho acadêmico geral, evidenciando a importância de aumentar o tempo de AF durante o dia escolar.

Para saber se as intervenções de AF envolvendo conteúdo acadêmico (lições fisicamente ativas) apresentavam melhores efeitos do que simplesmente intervalos ativos, Mullender-wijnsma *et al.* (2015; 2016) investigaram o uso da AF para ensinar lições de matemática, ortografia e leitura. Ambos os estudos foram conduzidos com crianças de turmas da segunda e terceira série de 12 escolas de Ensino Fundamental na Holanda. Em cada escola, uma turma da segunda e terceira série foi aleatoriamente designada para o grupo intervenção (aulas fitness) e grupo controle (aulas regulares). O desempenho das crianças foi medido antes e após a intervenção, e aquelas que realizaram aulas fisicamente ativas obtiveram ganhos maiores no teste de velocidade matemática, matemática geral, ortografia e leitura. Isso equivale, segundo os autores, a quatro meses mais ganhos de aprendizado em comparação com o grupo que teve aulas regulares. Além disso, as observações em sala mostraram que o comportamento das crianças em tarefas durante as aulas estava acima de setenta por cento.

De maneira similar, Fedewa *et al.* (2018) investigaram se havia diferença entre o impacto de pausas ativas com base puramente aeróbica ou aquelas envolvendo somente material acadêmico, nos resultados das avaliações de leitura e matemática de 460 alunos da 3ª a 5ª série, em quatro escolas primárias americanas, que foram randomizadas em grupo controle (participaram de intervalos acadêmicos – 176 crianças) e grupo intervenção (realizaram intervalos apenas aeróbicos – 284 crianças). Após a intervenção foram encontrados efeitos positivos pequenos a moderados, indicando ganhos no desempenho na leitura em salas de aula que usavam pausas com atividade física aeróbica em comparação com aqueles que utilizavam intervalos com conteúdo acadêmico, sem efeito para a matemática.

Acerca dessa diferença entre intervalos somente com AF e com adicionais de material acadêmico, o estudo de Egger *et al.* (2019) examinou os efeitos de tipos diferentes de pausas de AF nos resultados cognitivos de escolares. Um total de 142 crianças foram alocadas para

uma intervenção de AF em sala de aula, comparando três grupos: 1) Atividades com alto esforço físico e alto envolvimento cognitivo (grupo combinado); 2) Atividades com alto esforço físico e baixo envolvimento cognitivo (grupo aeróbico) e 3) Atividades com baixo esforço físico e alto envolvimento cognitivo (grupo cognitivo). As funções executivas (memória de trabalho, inibição e flexibilidade cognitiva) e o desempenho acadêmico (matemática, ortografia e leitura) foram medidos antes e após a intervenção. Os resultados mostraram que o grupo combinado obteve melhor desempenho em função executiva e matemática. Já o grupo cognitivo teve apenas o desempenho matemático aprimorado, enquanto o grupo aeróbico permaneceu inalterado. Os autores sugerem que a inclusão de pausas ativas com envolvimento cognitivo parece ser uma maneira promissora de aprimorar as funções cognitivas das crianças em idade escolar.

Na tabela 1, apresenta-se as análises detalhadas dos sete estudos incluídos nessa revisão, destacando os autores e país de origem, desenho realizado, quantidade de participantes (n) e a distribuição por sexo (quando informado), idade ou série, duração da intervenção, tipo de AF, medidas e resultados de desempenho acadêmico e resultados principais.

Tabela 1: Informações sobre as intervenções de AF com crianças escolares dos estudos incluídos na presente revisão.

Autor e país	Desenho	Intervenção	Nº de participantes (M/F)	Idade ou série	Duração	Tipo de Atividade Física	Medida (s) de desempenho acadêmico	Resultado (s) de desempenho acadêmico	Resultado Principal
Centeio <i>et al.</i> (2018), USA	Intervenção não randomizado	Intervalos regulares de AF durante o tempo de aula (Fit Bits).	378 M=210 ; F=168	4 ^a	8 meses	Corrida aeróbica de 20 metros, três dias na semana.	Medidas Curriculares padronizadas; computação matemática e compreensão de leitura.	Melhoria da compreensão de leitura e matemática.	(+) matemática; (+) leitura.
Egger <i>et al.</i> (2019), Austrália	Randomizado e Controlado	Pausas ativas durante a aula.	142 M=77; F=65	7 - 9	20 semanas	Atividade aeróbica de jogo de palavras, 3 minutos por dia, com incremento de intensidade.	Subtestes do Heidelberger Rechentest (HRT 1–4) para medir a matemática; Teste de Salzburger Lesescreening para medir leitura.	O grupo que combinou atividade física e matemática ou leitura obteve o melhor desempenho em matemática. O grupo cognitivo melhorou apenas em termos de desempenho matemático. O grupo aeróbico permaneceu inalterado.	(+) matemática; (0) leitura
Erwin, Fedewa e Ahn (2013), USA	Quase experimental	Pausas ativas durante a aula.	29 M/F: NI	3 ^a	20 semanas	Atividades aeróbicas envolvendo matemática e leitura, 20 minutos por dia.	A fluência de leitura e matemática baseada em currículo; medidas curtas de progresso projetadas para avaliar leitura e matemática.	Os estudantes do grupo intervenção tiveram notas mais altas de fluência de leitura e matemática no reteste e médias mais altas para notas padronizadas de leitura e matemática.	(+) matemática; (+) leitura.
Fedewa <i>et al.</i> (2018), USA	Randomizado e Controlado	Pausas ativas com movimentos aeróbicos em sala de aula.	460 M=23; F=221	3 ^a – 5 ^a	9 meses	Atividade aeróbica de jogo com dança, 10 minutos por dia.	Teste de FastBridge Learning e a avaliação padronizada de leitura e matemática.	Efeito pequeno (0,13) indicando ganhos no desempenho em leitura em salas de aulas que usavam Pausas de movimentos aeróbicos.	(0) Matemática; (+) Leitura

Fedewa <i>et al.</i> (2015), USA	Randomi- zado e Controla- do	Pausas ativas durante a aula.	460 M/F: NI	3 ^a – 5 ^a	8 meses	Atividades aeróbicas com fatos matemáticos ou cartões de leitura, simultaneamente, 20 minutos por dia.	Teste padronizado nacional.	Efeitos positivos na matemática e na leitura das crianças.	(+) Matemática; (+) Leitura
Mullende- r- Wijnsma <i>et al.</i> (2015), Holanda	Quase experime- ntal	Aulas acadêmi- cas fisicamente ativas.	228 M=12; F=106	2 ^a – 3 ^a	21 semanas	Atividades aeróbicas com fatos matemáticos e leitura, simultaneamente, 10 a 15 minutos por dia.	Desempenho em leitura foi feito pelo Teste E'en-Minuut (Teste de 1 Minuto); A matemática foi avaliado pelo desempenho no Tempo-Test-Rekenen (Speed Test Aritmetic).	A matemática e leitura de crianças da terceira série do grupo intervenção foram maiores em comparação com as crianças do grupo controle. Não houve diferença entre as crianças da segunda série.	(+) Matemática; (+) Leitura
Mullende- r- Wijnsma <i>et al.</i> (2016), Holanda	Randomi- zado e Controla- do	Aulas acadêmi- cas fisicamente ativas.	499 M/F: NI	2 ^a – 3 ^a	24 meses	Atividades aeróbicas com fatos matemáticos e leitura, simultaneamente, 10 a 15 minutos por dia.	Dois testes matemáticos padronizados (velocidade e habilidades matemáticas gerais) e dois testes de linguagem (leitura e ortografia).	O grupo de intervenção obteve ganhos maiores no teste de velocidade da matemática e na matemática geral. Não foram encontradas diferenças no teste de leitura.	(+) matemática; (0) leitura

M/F: Masculino/Feminino; AF: Atividade Física; NI: não informado; +, positivo; 0, neutro.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

Há décadas, tem sido demonstrada a relação benéfica entre a prática de atividades físicas (AF) e o metabolismo do sistema nervoso central (Hillman *et al.*, 2008). Estudos nessa direção (Filho *et al.*, 2014; Lambourne; Tomporowski, 2010; Mcmorris *et al.*, 2011) indicam que as atividades físicas de força e intermitentes (que combinam esforços de alta intensidade a períodos de repouso), bem como, uma única sessão aeróbia realizada em intensidade moderada (aproximadamente 50% do $VO_{2máx}^{11}$) exercem influência positiva em diferentes tarefas cognitivas, tais como velocidade de processamento, atenção seletiva e memória de trabalho. Resultados encontrados por Hillman *et al.* (2008) e Etnier e Chang (2009) corroboram com isso, mostrando que indivíduos que praticam AF regularmente apresentam melhor desempenho cognitivo (realizando o teste de Stroop, por exemplo, que mede controle inibitório ou testes verbais e matemáticos que avaliam proficiência acadêmica) quando comparados a seus pares menos ativos.

Diante disso, cresce o interesse clínico, científico e educacional na aplicação da AF em diversas populações, bem como, na promoção de uma vida mais fisicamente ativa. Tem-se demonstrado, por exemplo, que escolares fisicamente ativos apresentam maior facilidade no processo de aprendizagem, razão pela qual se sugere que a prática de atividades físicas possa ser importante não apenas para o crescimento e desenvolvimento físico, mas também, o intelectual (Hillman *et al.*, 2008).

Gapin e Etnier (2010), por exemplo, demonstraram que a prática habitual de AF está associada a melhor FE em crianças com hiperatividade e déficit de atenção, além de ser um ansiolítico natural. Assim, cresce o número de estudos demonstrando o papel da AF – aguda ou crônica – sobre o desempenho cognitivo, norteando aprimoramentos que estão relacionadas com o aumento do fluxo sanguíneo cerebral, maior atividade de neurotransmissores, adaptações em estruturas cerebrais e plasticidade sináptica (Pontifex *et al.*, 2019).

Embora a literatura venha mostrando que crianças que iniciam a escolarização com desempenhos mais altos em testes que avaliam a FE, como controle inibitório e memória de trabalho, tendem a apresentar mais facilidade para receber instruções, menos dificuldades de aprendizagem, a demonstrar prazer e dedicação nas atividades acadêmicas (Blair; Razza, 2007; Vitaro *et al.*, 2005), são poucas as pesquisas em nível regional ou nacional que considere os benefícios proporcionados pela AF para a melhoria do desempenho acadêmico em crianças

¹¹ O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) é definido como a mais alta taxa de oxigênio consumida para realizar um esforço máximo (Kravchychyn *et al.*, 2015).

escolares - em especial, à leitura e matemática - carecendo maior ênfase e esforço nessa área de investigação em prol da eficácia da aprendizagem na Educação Matemática.

Entretanto, os estudos que apresentam intervenções de atividade física na escola mostraram impacto positivo de pausas fisicamente ativas nas aulas, seja apenas aeróbico ou com material acadêmico. Sugere-se que a melhoria no desempenho matemático e na leitura, por implementação de aulas ativas, sejam resultados de uma combinação de mecanismos cerebrais, induzidos por sessões moderadas a vigorosas de AF (Egger *et al.*, 2019; Fedewa *et al.*, 2015; Mullender-Wijnsma *et al.*, 2015). Esses estudos sugerem também que as aulas fisicamente ativas não custam o tempo das aulas acadêmicas e ainda contribuem para a quantidade de AF de moderada a vigorosa recomendada diariamente para a saúde das crianças.

As pausas com AF servem, particularmente, para atingir a meta de 60 minutos diários de realização física recomendado para crianças e adolescentes, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2014; Brasil, 2021). Embora, muitas questões ainda envolvam a quantidade, duração e tipo de AF que integrados induzem benefícios para as crianças em idade escolar (Fedewa *et al.*, 2015; Janssen; Leblanc, 2010), os estudos de Fedewa *et al.* (2018) e Egger *et al.* (2019) apontam que a AF aeróbica de intensidade moderada a vigorosa parece indicar efeito aumentado nos testes de leitura e matemática, potencializando as funções executivas que predizem o desempenho acadêmico. Por conta disso, percebeu-se que crianças fisicamente ativas (grupos intervenção) apresentam controle atencional melhorado em comparação com seus pares menos ativos (grupos controle), influenciando de modo particular tarefas que requerem recursos atencionais aprimorados, como ler e resolver cálculo matemáticos.

Implicações para o ensino e aprendizagem

A associação das evidências analisadas corrobora com implicações importantes para a rotina das escolas, para a prática do professor que ensina matemática na Educação Básica, para o processo de ensino aprendizagem e, de maneira mais contundente, para a Educação Matemática. Como apontado por Centeio *et al.* (2018), tomada coletivamente, a identificação global do impacto positivo da AF no desempenho acadêmico vem sugerir que as crianças precisam mudar suas rotinas diárias, visando melhorar a saúde física e cognitiva. Para isso, as escolas podem oferecer condições favoráveis, uma vez que ambientes educacionais que apresentaram níveis mais altos de fidelidade em intervenções de AF tiveram taxas mais altas de melhorias em leitura e aquelas com níveis mais altos de AF tiveram taxas mais altas de melhoria em matemática (Centeio *et al.*, 2018).

Ao considerar a crescente exigência para melhorar o desempenho em leitura e matemática dos estudantes (PISA, Prova Brasil, SAEB, OBMEP), e ponderando que as escolas acham dificultoso designar tempo para a programação de saúde no lugar reservado às principais disciplinas e seus conteúdos específicos, torna-se imperativo essa reflexão para alcançar níveis satisfatórios de proficiência nessas áreas. Os achados da revisão dos estudos incluídos aqui apontam uma direção, apoiando o argumento de que pausas fisicamente ativas nas aulas são interessantes, pois elas: (a) não influenciam negativamente o desempenho das crianças e, em vez disso, (b) podem melhorar o aprendizado (Fedewa *et al.*, 2015). Aliás, uma revisão de 50 estudos examinando a eficácia da AF escolar, além das pausas ativas, no desempenho acadêmico geral mostrou que aproximadamente metade dessas investigações produziu resultados positivos, sendo que a outra metade não apresentou efeitos, mas nenhum evidenciou efeitos negativos (Fedewa *et al.*, 2015).

Ademais, os resultados sugerem a promoção da mudança de desempenho por meio da AF em sala de aula. Essa é uma proposta viável, segundo Egger *et al.* (2019), pois a AF moderada a vigorosa favorece a estimulação do córtex pré-frontal (área cerebral que comporta as funções executivas e pertence à última região a ser maturada, em termos de desenvolvimento neurobiológico), sendo sensível a mudanças positivas por meio de intervenções de AF, potencializando, assim, as FE que são preditoras do desempenho acadêmico em crianças e adolescentes (Egger *et al.*, 2019). De acordo com a literatura, essa associação é consistente em relação ao desempenho nas habilidades de leitura e matemática, e pode ser considerada em crianças de várias idades com e sem dificuldades específicas de aprendizagem (Pham; Hasson, 2014; Titz; Karbach, 2014).

Conclusão

A partir do exposto, tais evidências mostram que a inserção de pausas ativas nas aulas, além da Educação Física, é mais uma oportunidade, não apenas para melhorar o tempo diário fisicamente ativo das crianças, mas também para induzir adaptações cognitivas e a desenvolver fluência na recuperação de fatos matemáticos e de leitura, podendo contribuir para o desenvolvimento de habilidades essenciais na resolução de problemas matemáticos, principalmente aqueles contextualizados, que requerem conhecimentos aritméticos e linguísticos, uma vez que os potenciais cerebrais que apoiam as FE são modulados pelo nível de AF diária.

Nosso estudo buscou estabelecer um movimento associativo, sistematizando os trabalhos publicados na última década acerca das intervenções com aulas fisicamente ativas, discutindo como tais achados podem influenciar ações educacionais e na prática de sala de aula do professor que ensina matemática, especialmente em relação à conteúdos envolvendo leitura e cálculo, como problemas matemáticos de palavras, além de incentivar o trabalho colaborativo, interdisciplinar e adaptações curriculares na ambiência escolar. Dentre algumas limitações metodológicas, destaca-se os poucos estudos considerados devido ao recorte temporal dos últimos 10 anos, que serve de incentivo para que outros pesquisadores possam aumentar esse período e avaliar se os resultados permanecem, atualizando essa literatura.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesses. O presente estudo é parte do projeto CAAE: 76887417.2.0000.0018, número: 3.195.511, com apoio da Universidade Federal do Pará (Brasil). Os autores declaram não haver conflitos de interesse. Este estudo foi financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ANDERSSON, U. Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. *Br. J. Educ. Psychol.* 78 (Pt 2):181–203, 2008. DOI:10.1348/000709907X209854
- ARONEN, E. T. *et al.* Working memory. Psychiatric symptom sand academic performance at school. *Neurobiol Learn Mem.* 83: 33-42, 2005. DOI: 10.1016/j.nlm.2004.06.010
- BADDELEY, A. Working memory: an overview. In: Pickering, S.J. (Org.) Working memory and education. *Amsterdam: Elsevier Press.*, 2006. DOI: oi.org/10.1016/B978-012554465-8/50003-X
- BASTOS, J. A. Matemática: distúrbios específicos e dificuldades. In: **Transtornos de aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar.** Org: ROTTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos. 2ª ed. *Porto Alegre: Artmed.*, 2016.
- BECK, M. M. *et al.* Motor-enriched learning activities can improve mathematical performance in pre-adolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience*, v. 10, n. Dez., p. 1–14, 2016. DOI: 10.3389/fnhum.2016.00645

BLAIR, C.; RAZZA, R. P. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev.* 78(2): 647-63, 2007. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde. **Guia de Atividade Física para a População Brasileira [recurso eletrônico]**/Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Primária à Saúde, Departamento de Promoção da Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2021. 54 p.: il. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf. Acesso em: 20 mar 2023.

BULL, R.; SCERIF, G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. *Dev Neuropsychol.* 19(3): 273–293, 2001. DOI:10.1207/S15326942DN1903_3

California Department of Education (DCE). California Fitness Test: Report to Governor and Legislature. *Sacramento*, California. **Standards and Evaluation** Division of the Department of Education, 2001. Disponível em: <https://www.cde.ca.gov/ta/tg/pf/pftprioryrs.asp>. Acesso em: 20 dez 2023.

CAPOVILLA, A. G. S.; ASSEF, E. C. S.; COZZA, H. F. P. Avaliação neuropsicológica das funções executivas e relação com desatenção e hiperatividade. *Aval psicol.* 6(6), 51-60, 2007. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712007000100007. Acesso em: 20 dez 2023.

CENTEIO, E. E. *et al.* Relationship between academic achievement and healthy school transformations in urban elementary schools in the United States. *Physical Education and Sport Pedagogy*, v. 23, n. 4, p. 402–417, 2018. DOI: 10.1080/17408989.2018.1441395

COLCOMBE, S. J. *et al.* Cardiovascular fitness, cortical plasticity and aging. *Proc. Natl Acad. Sci.* EUA 101, 3316–3321, 2004. DOI: 10.1073/pnas.0400266101

COLCOMBE, S. J. *et al.* Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 61, 1166–1170, 2006. DOI: 10.1093/gerona/61.11.1166

COSTA, A. P.; MONTEIRO, A. F. AFETIVIDADE NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: UMA ANÁLISE DAS PRODUÇÕES CIENTÍFICAS. In: Congresso Nacional de Educação, n. II, 2015, Campina Grande (RS). **II CONEDU**. Campina Grande: Realize. p. 1-11. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/15389>. Acesso em: 20 dez 2023.

DIAMOND, A.; BARNETT, W. S.; THOMAS, J.; MUNRO, S. Preschool program improves cognitive control. *Science*. 318 (5855):1387-8, 2007. DOI: 10.1126/science.1151148

EGGER, F. *et al.* Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PLoS ONE*, v. 14, n. 3, p. 1–20, 2019. Doi: 10.1371/journal.pone.0212482

ERWIN, H.; FEDEWA, A.; AHN, S. Student academic performance outcomes of a classroom physical activity intervention: A pilot study. **International Electronic Journal of Elementary Education**, v. 5, n. 2, p. 109–124, 2013. Disponível em: <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/191>. Acesso em: 20 dez 2023.

ETNIER, J. L.; CHANG, Y. K. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. **J. Sport Exerc Psychol.** 31(4):469-83, 2009. DOI: 10.1123/jsep.31.4.469

FEDEWA, A. L.; AHN, S. The effects of physical activity and physical fitness on children's cognitive outcomes: A meta-analysis. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, 82(3), 521–535. PMid:21957711, 2011. DOI: 10.1080/02701367.2011.10599785

FEDEWA, A. L. *et al.* A randomized controlled design investigating the effects of classroom-based physical activity on children's fluid intelligence and achievement. **School Psychology International**, v. 36, n. 2, p. 135–153, 2015. DOI: 10.1177/0143034314565424

FEDEWA, A. L. *et al.* Academic-Based and Aerobic-Only Movement Breaks: Are There Differential Effects on Physical Activity and Achievement? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 89, n. 2, p. 153–163, 2018. DOI: 10.1080/02701367.2018.1431602

FILHO, C. A. A. M.; ALVES, C. R. R.; SEPÚLVEDA, C. A.; COSTA, A. S.; JUNIOR, A. H. L. INFLUÊNCIA DO EXERCÍCIO FÍSICO NA COGNIÇÃO: UMA ATUALIZAÇÃO SOBRE MECANISMOS FISIOLÓGICOS. **Rev. Bras. Med. Esporte** – Vol. 20, Nº. 3 – Mai/Jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbme/v20n3/1517-8692-rbme-20-03-00237.pdf>. Acesso em: 10 ago 2023.

GAPIN, J.; ETNIER, J. L. The Relationship Between Physical Activity and Executive Function Performance in Children With Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. **J. Sport Exercise Psy.** 32(6): 753-63, 2010. DOI:10.1123/jsep.32.6.753

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T. S. A.; HARRAD, D. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335–342, 2015. DOI: 10.5123/s1679-49742015000200017

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. Tradução: Angelica Rosat Consiglio *et al.* 2. ed. Porto Alegre: Artmed., 2006.

HAAPALA, E. A. *et al.* Physical activity and sedentary time in relation to academic achievement in children. **J. Sci. Med. Sport.** 583-589, 2017. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.11.003

HEROLD, F. *et al.* Thinking While Moving or Moving While Thinking – Concepts of Motor Cognitive Training for Cognitive Performance Enhancement. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 10, n. 228, 2018. DOI:10.3389/fnagi.2018.00228

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*. 9(1):58-65, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099222>. Acesso em: 20 nov. 2023.

INEP. **Relatório Brasil no PISA 2018: versão preliminar**. p. 154, 2019. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004. Disponível em: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

JANSSEN, I.; LEBLANC, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 40–56, 2010. DOI: 10.1186/1479-5868-7-40

KENNEDY, J.; LYONS, T.; QUINN, F. The continuing decline os science and mathematics enrolments in Australian high schools. *Teaching Science*, v. 60, n. 2, p. 34–46, 2014. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/aeipt.203841>. Acesso em: 20 dez 2023.

KRAVCHYCHYN, A. C. P. *et al.* Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do VO₂máx de praticantes de corrida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 1, p. 17–21, 2015. DOI: 10.1590/1517-86922015210101412

LAMBOURNE, K.; TOMPOROWSKI, P. The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Res*. 23; 1341: 12-24, 2010. DOI: 10.1016/j.brainres.2010.03.091

LEE, K.; BULL, R. Developmental changes in working memory, updating, and math achievement. *J. Educ. Psychol.*, 108(6), 869-882, 2016. DOI: 108869 10.1037/edu0000090

LEON, C. B. R. *et al.* Funções executivas e desempenho escolar em crianças de 6 a 9 anos de idade. **Rev. psicopedag.**, São Paulo, v. 30, n. 92, p. 113-120, 2013. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862013000200005&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 20 dez 2023.

LI *et al.* Acute aerobic exercise increases cortical activity during working memory: A functional MRI study in female colleg estudantes. **PLoSOne**, 9 (6). Article e99222, 2014. Disponivel em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099222>. Acesso em: 20 dez 2023.

MALLOY-DINIZ, L. F.; SEDO, M.; FUENTES, D.; LEITE, W. B. Neuropsicologia das funções executivas. In: FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. F. C.; CAMARGO, H. P.; COSENZA, R. M. (Eds.), **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: *Artmed.*, 2008.

MARKS, B. L. *et al.* Role of aerobic fitness and aging in the integrity of brain white matter. *Ann. NY Acad. Sci.* 1097, 171–174, 2007. DOI: 10.1196/annals.1379.022

MELTZER, L. **Promoting executive function in the classroom**. New York: *Guilford Press*. 2010.

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N. P.; EMERSON, M. J.; WITZKI, A. H.; HOWERTER, A.; WAGER, T. D. The unity and diversity of executive function and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn. Psychol.* 41(1): 49-100, 2000. DOI: 10.1006/cogp.1999.0734.

MCMORRIS, T.; SPROULE, J.; TURNER, A.; HALE, B. J. Acute, intermediate intensity exercise, and speed and accuracy in working memory tasks: a meta-analytical comparison of effects. *Physiol. Behav.* 1; 102(3-4): 421-8, 2011. DOI:10.1016/j.physbeh.2010.12.007

MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da variabilidade da frequência cardíaca, desempenho matemático e função executiva em crianças escolares.** 2019. 115 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

MULLENDER-WIJNSMA, M. J. *et al.* Improving Academic Performance of School-Age Children by Physical Activity in the Classroom: 1-Year Program Evaluation. *Journal of School Health*, v. 85, n. 6, p. 365–371, 2015. DOI: 10.1111/josh.12259

MULLENDER-WIJNSMA, M. J. *et al.* Physically active math and language lessons improve academic achievement: A cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, v. 137, n. 3. 2016. DOI: 10.1542/peds.2015-2743

NETZ, Y. Is There a Preferred Mode of Exercise for Cognition Enhancement in Older Age? — A Narrative Review. *Frontiers in Medicine*, v. 6, n. March, p. 1–10, 2019. DOI: 10.3389/fmed.2019.00057

OMS. Portal da World Health Organization. *World Health Organization*, n. 385, p. 1–4, 2014. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/en/>. Acesso em: 20 nov 2023.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, *BMJ*, 2021; 372: n71. DOI:10.1136/bmj.n71

PESCE, C. Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34, 766-786, 2012. DOI: 10.1123/jsep.34.6.766.

PHAM, A.; HASSON, R. Verbal and visuospatial working memory as predictors of children's reading ability. *Archives of Clinical Neuropsychology*, v. 29, n. 5, p. 467– 477, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/arclin/acu024>. Acesso em: 20 dez 2023.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALAA, K. L.; PARKS, A. C.; FENN, K.; KAMIJO, K. A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. *J. Psychology of Sport and Exercise*. n. 40, p. 1-22,

2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.08.015>. Acesso em: 20 dez 2023.

SAMPAIO, A. R.; FARINATTI, P. T. V.; OLIVEIRA, R. B. Relação dose-resposta entre nível de atividade física e desfechos em saúde. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 12, n. 4, 2013. DOI: 10.12957/rhupe.2013.8718

SIBLEY, B. A.; ETNIER, J. L. The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. **Pediatric Exercise Science**, n. 15, p. 243–256, 2003. DOI: 10.1515/ijsl.2000.143.183

STERBERG, R. J.; STERBERG, K. **Psicologia Cognitiva: Revisão Técnica**. Marcelo Fernandes. Tradução: Noveritis do Brasil. 2ª ed. São Paulo, SP: *Cengage Learning*. 2016.

TITZ, C.; KARBACH, J. Working memory and executive functions: effects of training on academic achievement. **Springer**, p. 852–868, 2014. DOI: 10.1007/s00426-013-0537-1

TRUDEAU, F.; SHEPHARD, R. J. Relationships of physical activity to brain health and the academic performance of schoolchildren. **American Journal of Lifestyle Medicine**, n. 4, p. 138-150, 2010. DOI: 10.1186/1479-5868-5-10

TUOHILAMPI, L.; HANNULA, M. S.; LAINE, A.; METSÄMUURONEN, J. Examining Mathematics-Related Affect and Its Development During Comprehensive School Years in Finland. In: NICOL, C.; OESTERLE, S.; LILJEDAHN, P.; ALLAN, D. (Eds.): Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36 (Vol. 5), pp. 281-288. **Vancouver**, Canada: PME, 2014. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED599983.pdf>. Acesso em: 20 dez 2023.

VITARRO, F.; BRENDGEN, M.; LAROSE, S.; TREMBALY, R. E. Kindergarten disruptive behaviors, protective factors, and educational achievement by early adulthood. **J. Educ Psychol.** 97(4): 617-29, 2005. DOI: 10.1037/0022-0663.97.4.617

WATSON, A. *et al.* A pilot primary school active break program (ACTI-BREAK): effects on academic and physical activity outcomes for students in Years 3 and 4. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 13, n. 3, p. 259, 2019. DOI: 10.1016/j.orcp.2018.11.071

ZIMMERMANN, N. *et al.* Funções executivas e linguagem na infância: conceitos e relações entre componentes cognitivos para a interpretação neuropsicológica e neuropsicolinguística. In: **Avaliação de linguagem e funções executivas em crianças**. São Paulo: *Memnon*, 2016.

4. **ARTIGO 3:** Estudo experimental *crossower*, com dados de pré e pós testes referentes ao projeto de pesquisa intitulado “Implicações da Atividade Física em Crianças com Ansiedade Matemática”, para avaliação e posterior submissão.

TÍTULO: EFEITO AGUDO DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE NA FLUÊNCIA ARITMÉTICA E NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM MENINOS E MENINAS

Resumo

Introdução: O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) surgiu como uma abordagem promissora, potencialmente oferecendo benefícios fisiológicos e cognitivos para melhorar o desempenho matemático de escolares. **Objetivo:** Investigar os efeitos de uma única sessão de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) versus alongamento estático na fluência aritmética e na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em meninos e meninas. **Métodos:** Um estudo experimental crossover intrassujeito pré/pós-teste foi conduzido com 70 alunos de 9 a 13 anos de uma escola pública de ensino fundamental. Os participantes foram randomizados para realizar uma sessão de HIIT e uma sessão de alongamento estático, com intervalo de 72 horas entre as sessões. A fluência aritmética foi avaliada usando testes aritméticos e a VFC foi medida por um monitor de frequência cardíaca Polar V800. Os efeitos das intervenções foram analisados usando modelos mistos. **Resultados:** A intervenção HIIT melhorou a fluência aritmética tanto em meninas (coeficiente = 1,61; IC 95%: 0,11 a 3,10, $p < 0,05$; d de Cohen: 0,20) quanto em meninos (coeficiente = 1,82; IC 95%: 0,28 a 3,36, $p < 0,05$; d de Cohen: 0,19), enquanto o alongamento estático melhorou a fluência aritmética apenas em meninos (coeficiente = 2,55; IC 95%: 1,02 a 4,10, $p < 0,001$; d de Cohen: 0,29). Além disso, os meninos tiveram melhor desempenho do que as meninas no pós-alongamento (coeficiente = 21,7; IC 95%: 1,85 a 41,6, $p < 0,05$) e pré-HIIT (coeficiente = 20,6; IC 95%: 0,73 a 40,5, $p < 0,05$) e pós-HIIT (coeficiente = 20,8; IC 95%: 0,94 a 40,7, $p < 0,05$). A análise da VFC mostrou que o HIIT teve um efeito positivo na reatividade tanto em meninas (coeficiente = 0,19; IC 95%: 0,06 a 0,31, $p < 0,01$; d de Cohen: 0,31) quanto em meninos (coeficiente = 0,13; IC 95%: 0,007 a 0,26, $p < 0,05$; d de Cohen: 0,42); no entanto, nenhum efeito após o alongamento (meninas: coeficiente = 0,06; IC 95%: -0,05 a 0,19, $p = 0,30$; meninos: coeficiente = -0,01; IC 95%: -0,14 a 0,10, $p = 0,77$). **Conclusão:** Ao afetar positivamente a VFC, o HIIT pode dar suporte a melhor integração neurovisceral, resultando em melhor fluência aritmética de meninos e meninas. As sessões de HIIT podem ser incluídas como parte das intervenções escolares para melhorar o desempenho matemático e as habilidades de gerenciamento de estresse, com o alongamento como ferramenta complementar para crianças e adolescentes.

Palavras-chave: Treinamento intervalado de alta intensidade, Matemática, Frequência cardíaca, escolares, Atividade física aguda.

TITLE: ACUTE EFFECT OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON ARITHMETIC FLUENCY AND HEART RATE VARIABILITY IN BOYS AND GIRLS

Abstract

Introduction: High-intensity interval training (HIIT) has emerged as a promising approach, potentially offering both physiological and cognitive benefits to improve schoolchildren's mathematical performance. **Objective:** To investigate the effects of a single session of HIIT versus static stretching on arithmetic fluency and heart rate variability (HRV) in boys and girls. **Methods:** A within-subject crossover experimental pre/post-test study was conducted with 70 students aged 9 to 13 years from a public elementary school. Participants were randomized to perform one session of HIIT and one session of static stretching, with a 72-hour interval between sessions. Arithmetic fluency was assessed using arithmetic tests, and HRV was measured using a Polar V800 heart rate monitor. Intervention effects were analyzed using mixed models. **Results:** The HIIT intervention improved arithmetic fluency in both girls (coefficient = 1.61; 95% CI: 0.11 to 3.10, $p < 0.05$; Cohen's $d = 0.20$) and boys (coefficient = 1.82; 95% CI: 0.28 to 3.36, $p < 0.05$; Cohen's $d = 0.19$), whereas static stretching improved arithmetic fluency only in boys (coefficient = 2.55; 95% CI: 1.02 to 4.10, $p < 0.001$; Cohen's $d = 0.29$). Additionally, boys outperformed girls after static stretching (coefficient = 21.7; 95% CI: 1.85 to 41.6, $p < 0.05$), before HIIT (coefficient = 20.6; 95% CI: 0.73 to 40.5, $p < 0.05$), and after HIIT (coefficient = 20.8; 95% CI: 0.94 to 40.7, $p < 0.05$). HRV analysis showed that HIIT had a positive effect on reactivity in both girls (coefficient = 0.19; 95% CI: 0.06 to 0.31, $p < 0.01$; Cohen's $d = 0.31$) and boys (coefficient = 0.13; 95% CI: 0.007 to 0.26, $p < 0.05$; Cohen's $d = 0.42$); however, no effects were observed after stretching (girls: coefficient = 0.06; 95% CI: -0.05 to 0.19, $p = 0.30$; boys: coefficient = -0.01; 95% CI: -0.14 to 0.10, $p = 0.77$). **Conclusion:** By positively affecting HRV, HIIT may support better neurovisceral integration, resulting in improved arithmetic fluency for both boys and girls. HIIT sessions can be included as part of school-based interventions to enhance math performance and stress management skills, with stretching as a complementary tool for children and adolescents.

Keywords: High-Intensity Interval Training. Mathematics. Heart Rate. Schoolchildren. Acute Physical Activity.

Introdução

Pesquisas no Brasil revelaram que os meninos (388/1000) superaram as meninas (379/1000) em matemática por 9 pontos no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), uma tendência que não é apenas global, mas também prevalente na América Latina e em muitos países em desenvolvimento (OCDE, 2019). Uma porcentagem maior de meninas (76%) teve um desempenho ruim em matemática em comparação aos meninos (71%), destacando os desafios atuais para alcançar a igualdade de sexo na educação matemática. As evidências sugerem que as influências culturais e a ansiedade matemática podem contribuir para a percepção e disparidade de sexo no desempenho e sub-representação de meninas em carreiras relacionadas à matemática (Davine *et al.*, 2012; Ghasemi; Burley, 2019).

Nesse sentido, fatores cognitivos e emocionais participam da aprendizagem matemática, através da interação entre sistema nervoso central e o sistema cardiovascular que impactam a maneira como os alunos processam informações e gerenciam o estresse escolar (Contreras; Moreno, 2019; Saccardo *et al.*, 2024). Dessa forma, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) serve como um indicador da flexibilidade do sistema nervoso autônomo associado à regulação emocional e ao desempenho cognitivo (Thayer *et al.*, 2012). Durante situações estressantes, como a realização de testes de matemática, meninos e meninas podem apresentar respostas autonômicas que interferem no desempenho da tarefa, destacando a importância de estratégias educacionais que considerem os aspectos emocionais e fisiológicos da aprendizagem para reduzir as disparidades de sexo (Chang; Chen; Fan, 2022).

O Modelo de Integração Neurovisceral explica de forma abrangente como o controle executivo durante a execução do teste e as respostas fisiológicas correspondentes, estão interligados (Thayer; Mather; Koenig, 2021). Este modelo destaca interações de cima para baixo e de baixo para cima entre as estruturas neurais envolvidas na regulação cognitiva, emocional e autonômica dentro da Rede Autonômica Central (Grol; Raedt, 2020). Esta rede compreende regiões cerebrais interconectadas que trabalham juntas para produzir respostas adaptativas e flexíveis às demandas ambientais (Smith *et al.*, 2017). Em condições normais, o córtex pré-frontal regula os circuitos subcorticais, permitindo respostas ideais em diferentes situações (Smith *et al.*, 2017; Thayer; Mather; Koenig, 2021). No entanto, esse controle regulatório pode diminuir em circunstâncias ameaçadoras, levando a respostas de ameaça padrão (Park; Thayer, 2014). Assim, a VFC serve como um indicador-chave da capacidade do corpo de se adaptar e responder a mudanças ambientais internos e externos. As redes neurais, incluindo a amígdala,

o córtex insular e o córtex pré-frontal, são essenciais para a Rede Autonômica Central, facilitando a autorregulação e o comportamento orientado para metas (Magnon *et al.*, 2022).

Este modelo se alinha com a hipótese do marcador somático (Damasio, 1996), que postula que emoções como ansiedade ou estresse podem influenciar a tomada de decisão e são avaliadas por meio de marcadores viscerais e somatossensoriais (Mussolin *et al.*, 2013). A VFC, regulada principalmente pelo nervo vago (Thayer; Lane, 2009; Poppa; Bechara, 2018), está intimamente ligada às funções de controle executivo e é amplamente usada na pesquisa do modelo de integração neurovisceral como um proxy para parâmetros de saúde mental e física (Zhang; Li; Wang, 2022). A "teoria do tanque vago" conceitua a VFC como um tanque de recursos que pode ser esgotado pelo estresse ou ansiedade, mas reabastecido por meio de atividades restauradoras e estratégias eficazes de gerenciamento do estresse (Yin; Tang; Dishman, 2021). As evidências sugerem uma correlação positiva entre a VFC e os processos cognitivos, como resolução de problemas numéricos, atenção e tomada de decisão (Thayer; Lane, 2009). Além disso, um aumento na VFC está associado à atividade elevada no córtex pré-frontal (Smith *et al.*, 2017), o que é crucial para melhorar o desempenho cognitivo e acadêmico (Thayer *et al.*, 2009; Moura-Silva, 2019).

Foi demonstrado que exercícios físicos, particularmente o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), reduzem o estresse, melhoram o humor e o desempenho acadêmico (Reed; Ones, 2006; Yin; Tang; Dishman, 2021). O HIIT, como uma modalidade de exercício de curto prazo, reduz efetivamente os níveis de estresse e aumenta o controle executivo (Moore *et al.*, 2015; Moura-Silva, 2019; Allen *et al.*, 2020). Além disso, intervenções como pausas ativas — curtos períodos de atividade física durante as aulas escolares — têm impacto positivo no desempenho acadêmico geral, especialmente em matemática (Carvalho *et al.*, 2012; Poppa; Bechara, 2018; Soares; Woods, 2020; Hermassi *et al.*, 2023). Estudos recentes demonstraram que mesmo uma única sessão de exercício pode melhorar o desempenho cognitivo e a conectividade funcional no cérebro em curto prazo (Suwabe *et al.*, 2018; Voss *et al.*, 2020). Melhorias nas funções cognitivas críticas para o desempenho matemático, como função executiva (Dumontheil *et al.*, 2023), memória de trabalho (Bull; Scerif, 2001; Allen *et al.*, 2020), atenção (Geary *et al.*, 2021) e velocidade de processamento (Cheng *et al.*, 2021) foram observadas após intervenções com HIIT. Essas evidências posicionam o HIIT como uma abordagem promissora para escolas que buscam melhorar o desempenho acadêmico por meio da atividade física (Van den Berg *et al.*, 2016; Tottori *et al.*, 2019; Meijer *et al.*, 2020; Ruhland; Lange, 2021; Alves *et al.*, 2021; McIlvain *et al.*, 2024).

Ao mesmo tempo, episódios agudos de HIIT modulam a VFC, o que pode ser benéfico para o controle autonômico e potencialmente reduzir o estresse e a ansiedade durante testes matemáticos (Burma *et al.*, 2020). Além disso, o HIIT melhora a regulação emocional e o desempenho cognitivo e aumenta a VFC e a flexibilidade autonômica (Smith *et al.*, 2017). No entanto, ainda há lacunas no esclarecimento de como uma única sessão de HIIT impacta a fluência aritmética e a VFC em meninos e meninas em idade escolar.

Hipotetizamos que uma única sessão de HIIT aumentaria a reatividade da VFC durante um teste de matemática e melhoraria a fluência aritmética em comparação com uma sessão de alongamento estático (controle). A partir disso, este estudo visa investigar os efeitos de uma única sessão de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) versus alongamento estático na fluência aritmética e na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em meninos e meninas, examinando esta intervenção por meio do modelo de integração neurovisceral e teoria do tanque vagal, buscando desenvolver estratégias educacionais personalizadas (De Onis *et al.*, 2007; Smith *et al.*, 2017).

Método

Este foi um estudo cruzado, de avaliação pré e pós, intrassujeito que seguiu as diretrizes CONSORT para ensaios clínicos randomizados e controlados. O estudo foi aprovado pelo Conselho de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências da Saúde (CAAE: 76887417.2.0000.0018, número: 3.195.51), e conduzido de acordo com as resoluções e normas do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e a Declaração de Helsinque. Antes da participação, foi obtido consentimento informado por escrito do diretor da escola, pais e responsáveis dos alunos.

Participantes

O estudo contou com 70 participantes recrutados por conveniência do 4º ao 6º ano escolar, com idades entre 9 e 13 anos, de uma instituição pública de ensino fundamental de Belém, Pará, Amazônia, Brasil, considerando a disponibilidade e interesse em participar da pesquisa. Todos os participantes foram devidamente informados sobre os objetivos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, em conformidade com as diretrizes éticas da pesquisa. O tamanho da amostra foi determinado a priori usando análise de poder para garantir a sensibilidade adequada para detectar efeitos significativos neste projeto cruzado intrassujeito. Os cálculos, realizados usando o software R (pacote "pwr"), indicaram que uma

amostra de 70 participantes produziria aproximadamente 80% de poder ($1-\beta$) para detectar um tamanho de efeito d_z de Cohen de aproximadamente 0,35 (um efeito pequeno a médio) para comparações pareadas entre as duas condições (HIIT e alongamento), em um nível de significância (α) de 0,05. Esse tamanho de amostra também forneceria maior poder ($>90\%$) para detectar efeitos maiores. O estudo recrutou com sucesso a meta de 70 participantes.

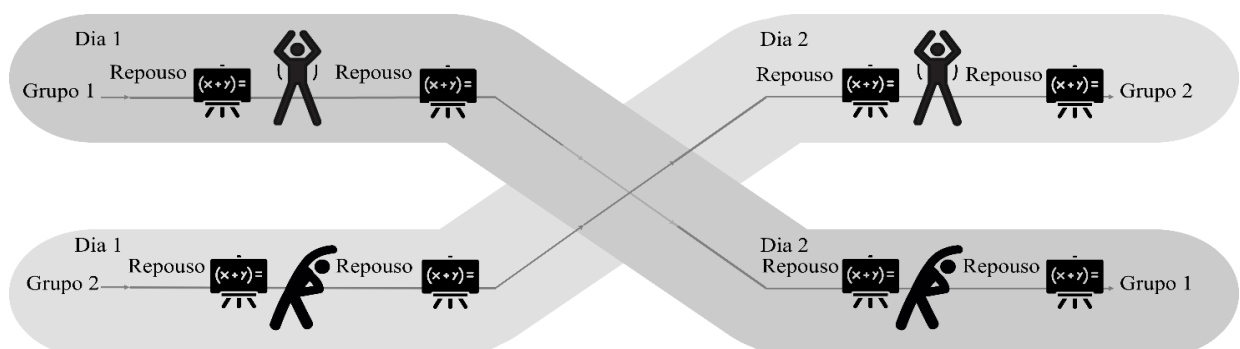
Procedimentos

A ordem de avaliação foi randomizada para alocação inicial nos grupos HIIT ou alongamento estático, com um intervalo de 72 horas entre as sessões para evitar efeitos residuais. Os participantes foram orientados a não ingerir estimulantes, como café preto, chá ou achocolatado no dia do teste, além de não se exercitar no dia anterior. As sessões de exercícios e os testes foram conduzidos individualmente e supervisionados por professores de educação física treinados.

O HIIT aplicado foi curto (Buchheit; Laursen, 2013), compreendendo oito séries de 20 segundos de exercício “all-out” e 10 segundos de repouso passivo, totalizando 4 minutos. Instruímos a realização dos movimentos o mais rápido possível e com a mesma intensidade (Machado *et al.*, 2019), e a VFC foi monitorada durante as sessões de intervenção. Os exercícios incluíram agachamentos (4 séries), polichinelos (2 séries) e corrida estacionária (2 séries). Os participantes foram encorajados a realizar a quantidade máxima de exercício durante todo o protocolo, monitorados pela frequência cardíaca.

Para o protocolo de alongamento estático (Carvalho *et al.*, 2012), os participantes mantiveram uma posição confortável de alongamento sem atingir sua amplitude máxima de movimento por 20 segundos e então relaxaram por 10 segundos. O treinamento de alongamento (4 minutos) incluiu flexão do ombro, flexão unilateral do joelho, flexão lateral do tronco e duas séries de flexão total do quadril com os joelhos em extensão.

Figura 1: Ilustração esquemática dos procedimentos do estudo cruzado.



Fonte: Adaptado de Pontifex *et al.* (2019).

Fluência Aritmética

O teste de fluência aritmética envolveu cálculos mentais (operações) do campo multiplicativo (multiplicação) e aditivo (subtração), com operações seguindo a regra: $(a \times b) - c = d$, com $a \neq b$ e $c > 0$. O desempenho neste teste foi medido pela pontuação total de acertos do participante, considerando que sua eficácia tem sido frequentemente medida por taxas de erros, acertos e tempos de resposta (Basten *et al.*, 2012; Lyons; Beilock, 2012; Moura-Silva, 2019). Quarenta questões com níveis de complexidade cognitiva de baixo a alto estavam disponíveis. Os participantes foram instruídos a responder o máximo possível e com a maior precisão. Os pesquisadores permitiram dez minutos para a avaliação, mas os participantes não foram informados do limite de tempo.

Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Os dados de VFC foram coletados usando um Sensor de frequência cardíaca da marca Polar H10. Os dados deste método de medição já foram comparados com sistemas de ECG e validados (Giles; Draper; Neil, 2016). O aparelho possui uma cinta com eletrodo que é posicionada na região epicárdica do tórax dos participantes para captar os ritmos cardíacos. Para análise, foi realizada filtragem automática, e todos os dados foram processados para remover possíveis artefatos para calcular medidas de VFC não lineares, considerando segmentos idênticos de 256 s dos intervalos NN (intervalos RR dos quais picos R anormais foram removidos) usando o software Kubios HRV. Usamos um parâmetro não linear, entropia de amostra (SampEn), para quantificar a complexidade, irregularidade ou grau de variação de batimento (Deka; Deka, 2023). Doença, envelhecimento e ansiedade estão associados a valores baixos de taxas de entropia (Richman; Moorman, 2000; Moura-Silva, 2019;). Neste contexto, o aumento da complexidade leva a uma maior VFC (Deka; Deka, 2023).

Covariáveis

A análise incluiu duas covariáveis (maturidade biológica e índice de massa corporal - IMC) devido à sua relevância para o resultado. A maturidade foi calculada de acordo com a taxa de crescimento de pico (TCP), subtraindo a idade do TCP da idade cronológica (Mirwald *et al.*, 2002; Moore *et al.*, 2015). O peso foi aferido com balança digital cuja precisão e peso máximo foram de 0,1 e 150 kg, respectivamente, e a altura com fita métrica. O IMC foi calculado dividindo o peso corporal em quilogramas pela altura em metros quadrados (Weir;

Jan, 2021). Valores de referência definidos por percentil para crianças e adolescentes foram usados de acordo com a idade e sexo: magreza extrema ($<$ percentil 3), magreza (percentil 3–15), peso normal (percentil 15–84), sobrepeso (percentil 85–97) e obesidade ($>$ percentil 97). Neste estudo, os percentis foram usados para análises (De Onis *et al.*, 2007; Cordeiro *et al.*, 2024).

Análise Estatística

Em primeiro lugar, a distribuição de normalidade foi verificada visualmente usando um gráfico QQ (gráfico quantil-quantil) e o teste de Kolmogorov-Smirnov. Calculamos o tamanho do efeito d de Cohen como $d = \text{média das diferenças} / \text{desvio padrão agrupado}$, onde a média das diferenças é a diferença entre as médias dos grupos comparados (HIIT e alongamento) e o desvio padrão agrupado é a raiz quadrada da média dos desvios padrão quadrados dos grupos (Fritz; Morris; Richler, 2012), definido de acordo com os critérios padrão: pequeno ($0,2 \leq d < 0,5$), moderado ($0,5 \leq d < 0,8$) e grande ($d \geq 0,8$). As estatísticas descritivas são apresentadas como médias, desvios padrão, frequências e porcentagens (Tabela 1).

Posteriormente, análises de modelos mistos foram conduzidas para testar diferenças entre HIIT e alongamento e em relação ao tempo (pré vs. pós) para fluência aritmética e VFC. Para comparar a probabilidade de um modelo com o efeito incluído versus um modelo com o efeito excluído, foi estimado o teste de razão de verossimilhança (LRT) para o efeito aleatório. Um valor significativo indica que o modelo com efeitos aleatórios foi significativamente melhor (em relação à verossimilhança) do que o modelo sem efeitos aleatórios, e o coeficiente de correlação interclasse (CCI) foi estimado. Para a análise da VFC, foi calculado o delta entre o momento do teste matemático e o repouso, antes e depois das intervenções. Por exemplo, $\Delta T1$ (TestPre - RepPre) e $\Delta T2$ (TestPost - RepPost). Essas medidas foram usadas para avaliar mudanças na VFC devido às intervenções, fornecendo assim informações sobre a regulação autonômica e reatividade ao estresse. Os participantes foram usados como efeito aleatório, enquanto o sexo, intervenção e tempo, como fatores, porque influenciam a fluência aritmética e a VFC. A significância estatística foi definida em $p < 0,05$. Todos os modelos foram ajustados para IMC e maturidade biológica, além de considerar bootstrapped de 5000 vezes. Além disso, foram obtidos o odds ratio (OR) e o intervalo de confiança de 95% para cada variável, com os modelos mistos gerados utilizando o software estatístico Jamovi versão 2.3.28 (Jamovi, 2022).

Resultados

Tabela 1 apresenta as características demográficas dos participantes do estudo, que incluiu 70 crianças e adolescentes (36 meninas). Não foram encontradas diferenças em idade, IMC [magreza extrema (menina: 2; menino: 1); magreza (menina: 3; menino: 3); peso normal (menina: 17; menino: 20), sobrepeso (menina: 10; menino: 8); obesidade (menina: 4; menino: 2), ou na SampEn em repouso. As diferenças encontradas foram em relação à maturidade biológica ($t(68) = 43,57$; $p < 0,001$), com meninas (-7,63) mais maduras do que os meninos (-7,74) e fluência aritmética no HIIT ($t(68) = -2,54$; $p < 0,05$), com meninas apresentando menor desempenho do que os meninos.

Tabela 1: Características dos participantes do estudo.

Grupo	Frequência	Idade	Maturidade biológica	IMC	Fluência Aritmética (baseline)		SampEn (baseline)	
					HIIT	Alongamento	HIIT	Alongamento
Meninas	51,4 (%)	11,03±	-7,63±	19,85±	8,36±	8,19±	1,68±	1,59±
		1,18	0,01	4,31	7,72	6,39	0,27	0,23
Meninos	48,6 (%)	10,97±	-7,74±	18,53±	13,8±	12,9±	1,71±	1,64±
		0,93	0,01**	3,42	8,93*	8,53	0,24	0,29
Geral	100 (%)	11,00±	-7,68±	19,21±	11,0±	10,5±	1,70±	1,62±
		1,06	0,05	3,93	8,71	7,82	0,25	0,26

Os valores são apresentados como média ± desvio padrão. Entropia de amostra: SampEn. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ entre sexos.

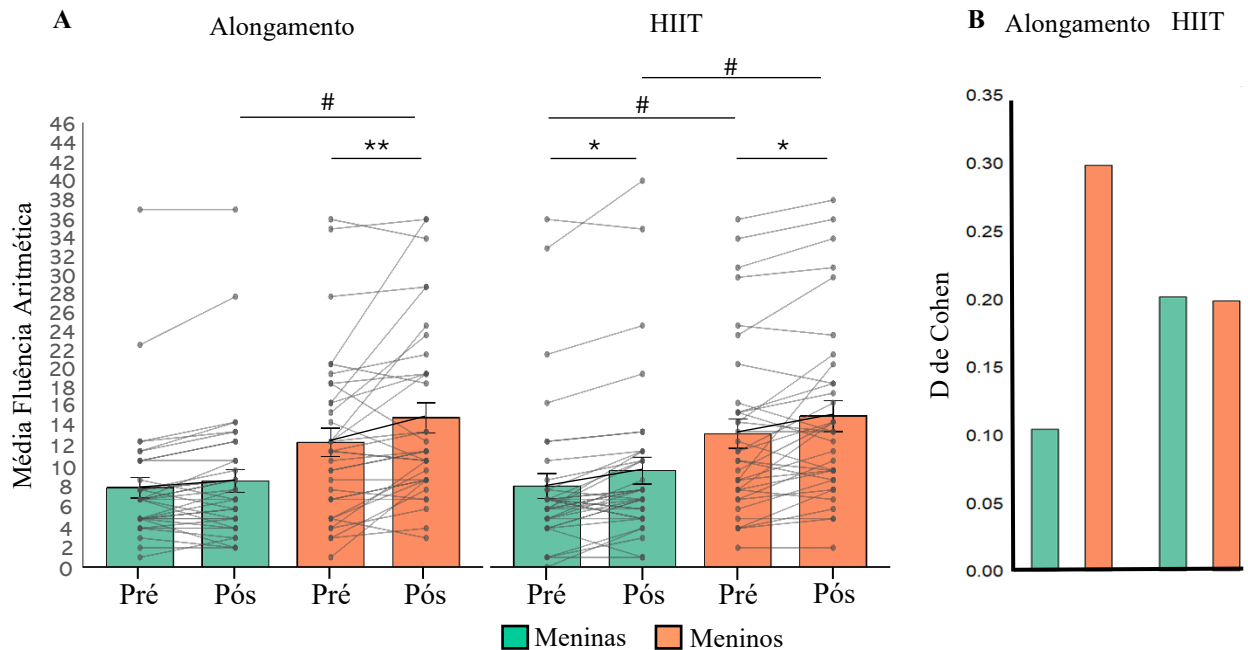
Fluência Aritmética

As análises revelaram que o modelo ($R^2 = 0,10$) se ajustou melhor quando o sexo foi incluído como fator ($R^2 = 0,15$), onde o tempo ($F = 18,93$, $p < 0,001$) e o sexo ($F = 4,36$, $p = 0,041$) se associaram à fluência aritmética, enquanto o tipo de intervenção (HIIT e alongamento) não esteve associado ($F = 2,31$, $p = 0,130$). Não houve interações significativas entre intervenção e tempo ($F = 0,013$, $p = 0,90$), intervenção e sexo ($F = 0,011$, $p = 0,91$), tempo e sexo ($F = 1,82$, $p = 0,18$) ou intervenção, tempo e sexo ($F = 1,15$, $p = 0,28$).

Especificamente, comparações de efeitos simples revelaram melhorias na fluência aritmética após alongamento apenas para meninos (coeficiente = 2,56; IC 95%: 1,00 a 4,09, $p < 0,001$) e após HIIT para meninas (coeficiente = 1,61; IC 95%: 0,14 a 3,12, $p < 0,05$) e meninos (coeficiente = 1,82; IC 95%: 0,28 a 3,36, $p < 0,05$). Além disso, os meninos tiveram melhor desempenho do que as meninas no momento pós-alongamento (coeficiente = 21,7; IC 95%: 1,85 a 41,6, $p < 0,05$) e pós-HIIT (coeficiente = 20,8; IC 95%: 0,94 a 40,7, $p < 0,05$). Em outras palavras, o HIIT melhorou efetivamente a fluência aritmética de meninos ($d = 0,19$) e meninas ($d = 0,20$), enquanto o alongamento beneficiou apenas os meninos ($d = 0,29$). No entanto, os

meninos obtiveram pontuações mais altas, independentemente do tempo e da intervenção (ver figura 2).

Figura 2: Fluência aritmética: (A) O gráfico de barras mostra a fluência aritmética antes e depois de episódios agudos de HIIT e alongamento em meninas e meninos. O gráfico (B) mostra os tamanhos de efeito das intervenções.



*# $p < 0,05$, **## $p < 0,01$ (*pré vs. pós; # meninas vs. meninos). Tamanho do efeito: $0,2 \leq d < 0,5$ (efeito pequeno), $0,5 \leq d < 0,8$ (efeito médio) e $d \geq 0,8$ (efeito grande).

Reatividade na variabilidade da frequência cardíaca

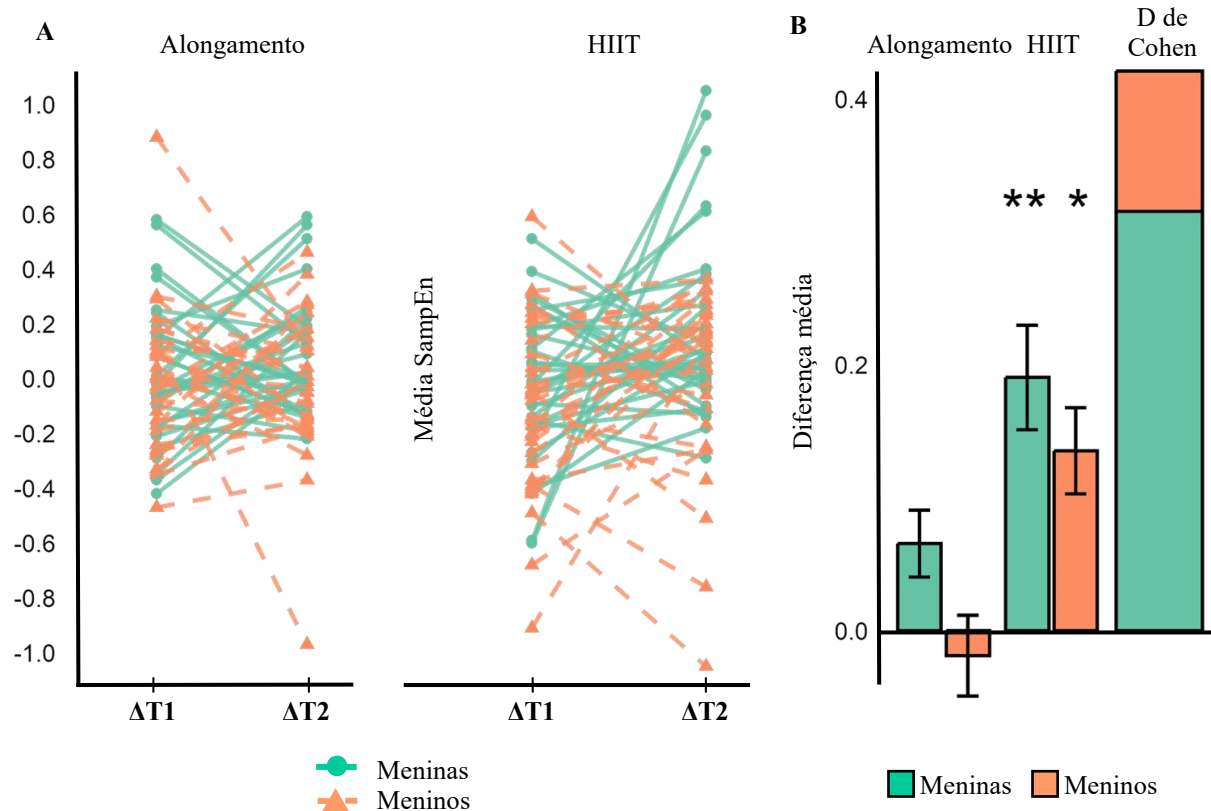
O modelo para toda a amostra ($R^2 = 0,078$) também foi melhor ajustado quando incluiu o sexo como um fator ($R^2 = 0,088$). Para toda a amostra, o tempo ($F = 8,67$, $p = 0,004$) e a interação intervenção e tempo ($F = 4,74$, $p = 0,031$) foram significativos, com um aumento de SampEn após o HIIT (coeficiente = 0,16; IC de 95%: 0,07 a 0,25, $p = 0,001$), mas não após o alongamento (coeficiente = 0,02; IC de 95%: -0,06 a 0,11, $p = 0,58$).

A análise de efeitos fixos por sexo, também revelou um efeito significativo do tempo ($F = 8,44$, $p = 0,004$), indicando um aumento na VFC após a intervenção. No entanto, não houve diferenças significativas entre as intervenções ou por sexo. A interação entre intervenção e tempo foi significativa ($F = 4,74$, $p = 0,031$).

A reatividade da entropia da amostra após o HIIT foi maior tanto nas meninas (coeficiente = 0,19; IC 95%: 0,06 a 0,31, $p < 0,01$; d de Cohen: 0,31) quanto nos meninos (coeficiente = 0,13; IC 95%: 0,007 a 0,26, $p < 0,05$; d de Cohen: 0,42), mas nenhum efeito foi encontrado após o alongamento (meninas: coeficiente = 0,06; IC 95%: -0,05 a 0,19, $p = 0,30$;

meninos: coeficiente = -0,01; IC 95%: -0,14 a 0,10, $p = 0,77$). Em outras palavras, apenas o HIIT melhorou a complexidade da VFC tanto nas meninas quanto nos meninos (Figura 3).

Figura 3: Reatividade da VFC medida pela entropia da amostra: (A) O gráfico de linhas mostra a evolução da reatividade entre $\Delta T1$ (pré) e $\Delta T2$ (pós) na VFC durante o alongamento e o HIIT para meninas e meninos. (B) O gráfico de barras mostra a diferença média entre os tempos nas duas situações, considerando meninas e meninos, e a barra representa o tamanho do efeito da intervenção.



Tamanho do efeito: $0,2 \leq d < 0,5$ (efeito pequeno), $0,5 \leq d < 0,8$ (efeito médio) e $d \geq 0,8$ (efeito grande).

Discussão

Este estudo explorou os efeitos de uma única sessão de HIIT em comparação com alongamento estático (controle) na fluência aritmética e na VFC em alunos do Ensino fundamental. Nossas descobertas demonstraram que, no geral, tanto o HIIT quanto o alongamento estático melhoraram a fluência aritmética, embora tenham provocado respostas diferentes na VFC. Ao contrário do alongamento, o HIIT foi associado a um aumento significativo na reatividade da VFC, mostrando diferenças relacionadas ao tipo de intervenção com atividade física na escola. Esses resultados destacam a importância de considerar tanto o

aspecto físico quanto fatores fisiológicos ao projetar intervenções para melhorar a fluência aritmética das crianças e adolescentes.

Enquanto o HIIT melhorou a fluência aritmética em meninos e meninas, o alongamento estático beneficiou apenas os meninos. Essa diferença sugere que o efeito da atividade física nos resultados acadêmicos pode ser influenciado pelo sexo. Pesquisas anteriores mostraram que o exercício pode aumentar a resiliência ao estresse e reduzir a ansiedade em situações de teste, o que se alinha com a melhora da fluência aritmética observada após a atividade física em nosso estudo (Reed; Ones, 2006; Yin; Tang; Dishman, 2021). A redução do estresse pode ser devido ao aumento da liberação de neurotransmissores como dopamina e norepinefrina, que podem melhorar a função cognitiva durante tarefas desafiadoras, como testes numéricos (Wong; Figueroa, 2021). No geral, esses resultados indicam que tanto o HIIT quanto o alongamento podem melhorar a fluência aritmética, embora seus efeitos possam variar de acordo com o sexo (Basso; Suzuki, 2017; Soares; Woods, 2020).

As diferenças de sexo observadas, onde o alongamento melhorou o desempenho apenas em meninos, podem ser atribuídas a vários fatores. Fisiologicamente, os meninos podem ter experimentado uma expectativa maior de que o alongamento os ajudaria a relaxar, o que afeta positivamente seu desempenho (Pina *et al.*, 2021). Estudos de neuroimagem sugerem que os meninos exibem ativação mais forte em regiões cerebrais associadas ao controle cognitivo sob estresse, potencialmente tornando-os mais responsivos aos efeitos calmantes do alongamento (Mussolin *et al.*, 2013; Pina *et al.*, 2021). Fatores psicossociais, como níveis mais altos de preocupações com avaliação social relatados por meninas, podem interferir em sua capacidade de se beneficiar totalmente do alongamento (Rudolph; Conley, 2005; Rose; Rudolph, 2006). Além disso, os meninos geralmente se envolvem em níveis mais altos de atividade física, o que pode torná-los mais receptivos aos benefícios do alongamento em termos de foco e desempenho (Gur *et al.*, 2012; Hermassi *et al.*, 2023). Juntos, esses fatores sugerem que meninos e meninas respondem de forma diferente ao alongamento estático, o que pode influenciar seus resultados acadêmicos.

Por outro lado, o HIIT aumentou significativamente a reatividade da VFC, tanto em meninos quanto em meninas, enquanto o alongamento estático não. De acordo com o modelo de integração neurovisceral, aumentos na VFC estão associados a melhor regulação emocional e controle executivo (Thayer; Lane, 2009). A teoria do tanque vagal, que postula que a VFC pode ser esgotada pelo estresse e reabastecida por meio de atividades restauradoras, alinha-se com nossas descobertas de que o HIIT é mais eficaz em aumentar a VFC do que o alongamento (Smith *et al.*, 2017). Esses resultados sugerem que o HIIT pode oferecer maiores benefícios

para melhorar a reatividade do sistema nervoso autônomo, resultando em melhor flexibilidade e complexidade cardíaca durante tarefas cognitivas.

Além disso, o modelo de integração neurovisceral enfatiza a interação bidirecional entre os sistemas nervosos central e periférico, mediada pelo nervo vago, que é crucial para regular as respostas emocionais e cognitivas (Thayer *et al.*, 2009). Em nosso estudo, a melhora na VFC após o HIIT pode indicar ativação vagal mais eficaz, levando a melhor regulação autonômica e controle emocional durante os testes numéricos. Parâmetros não lineares da VFC, como a entropia, são indicativos da capacidade do sistema nervoso de responder ao estresse e às demandas cognitivas (Deka; Deka, 2023). Por exemplo, humor positivo e função cerebral aprimorada estão associados a maior complexidade da VFC, enquanto condições como depressão, estresse e ansiedade correspondem à complexidade reduzida, refletindo um estado fisiológico menos adaptativo (Thayer *et al.*, 2009; Thayer; Lane, 2009; Smith *et al.*, 2017; Arakaki *et al.*, 2023). Isso apoia a ideia de que, ao aumentar a VFC, o HIIT pode melhorar a função cognitiva em meninos e meninas e, consequentemente, sua fluência aritmética.

Embora o alongamento tenha demonstrado melhorar a VFC aumentando a modulação vagal e diminuindo o tônus simpático (Wong; Figueroa, 2021), nosso estudo descobriu que o HIIT foi mais eficaz em aumentar a reatividade da VFC. Isso sugere que o HIIT pode ser uma intervenção mais potente para "recarregar" o "tanque" vagal durante o teste, tornando assim o corpo mais resiliente ao estresse. Melhorias na VFC indicam melhor regulação e integração neurovisceral, o que pode, por sua vez, aumentar a capacidade cognitiva e o desempenho.

Nossas descobertas sugerem que a incorporação do HIIT nos currículos escolares pode ajudar os alunos a gerenciar melhor o estresse relacionado aos testes e melhorar seu desempenho acadêmico, particularmente em matemática. Integrar sessões curtas de atividade física intensa nos dias escolares pode ajudar a mitigar os efeitos negativos do estresse e melhorar os resultados educacionais (Mirwald *et al.*, 2002; Soares; Woods, 2020; Souza *et al.*, 2024), potencialmente abordando as disparidades de sexo no desempenho em matemática. No entanto, pesquisas futuras devem explorar os efeitos de longo prazo do HIIT e investigar os mecanismos subjacentes dessas diferenças de sexo em resposta ao exercício.

Limitações e Perspectivas Futuras

Embora este estudo tenha fornecido evidências valiosas sobre os efeitos do HIIT e alongamento estático na fluência aritmética e VFC em crianças e adolescentes, algumas limitações devem ser consideradas. A incorporação de medidas de hormônios do estresse e

neurotransmissores pode oferecer uma compreensão mais profunda dos mecanismos fisiológicos. As diferenças observadas entre meninos e meninas destacam a necessidade de mais investigação das respostas específicas de sexo ao exercício, com foco no desenvolvimento de intervenções personalizadas que abordem as necessidades únicas de cada grupo. Estudos longitudinais também são recomendados para avaliar os efeitos duradouros do HIIT no desempenho acadêmico e na saúde mental geral, particularmente entre alunos com níveis variados de estresse, ansiedade e baixo desempenho acadêmico, que corrobore nossos achados mostrando que o HIIT parece ser uma intervenção eficaz para promover essas melhorias regulatórias. Essas perspectivas futuras de pesquisa ajudarão a construir uma compreensão mais abrangente de como a atividade física pode ser efetivamente integrada em ambientes educacionais para melhorar os resultados cognitivos, acadêmicos e emocionais para todos os alunos.

Conclusão

Este estudo destaca o potencial do HIIT como uma intervenção eficaz para melhorar a fluência aritmética e a VFC em crianças e adolescentes do ensino fundamental. As descobertas sugerem que o HIIT não apenas melhora a fluência aritmética, mas também melhora a regulação autonômica, proporcionando o benefício duplo de melhor desempenho acadêmico e gerenciamento do estresse. Enquanto o alongamento estático também mostrou benefícios, particularmente para meninos, o HIIT se mostra como uma abordagem mais robusta entre os sexos. Esses resultados ressaltam a importância de integrar a atividade física, particularmente o HIIT, nos currículos escolares para apoiar o bem-estar cognitivo e emocional dos alunos. No entanto, mais pesquisas são necessárias para explorar o impacto de longo prazo e desenvolver intervenções personalizadas que abordem as necessidades específicas de diferentes populações de alunos. Ao incorporar tais estratégias baseadas em evidências, os educadores podem criar ambientes de aprendizagem mais favoráveis e eficazes que maximizem o potencial de cada criança e adolescente.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesses. O presente estudo é parte do projeto CAAE: 76887417.2.0000.0018, número: 3.195.511, com apoio da Universidade Federal do Pará (Brasil). Os autores declaram não haver conflitos de interesse. Este estudo foi

financiado, em parte, pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ALLEN, K. et al. (2020). Working Memory Predictors of Mathematics across the Middle Primary School Years. **Br J Educ Psychol**, 90, no. 3 (Sep): 848-869. Doi: 10.1111/bjep.12339.

ALVES, A. R. et al. (2021). "High-Intensity Interval Training Upon Cognitive and Psychological Outcomes in Youth: A Systematic Review." **Int J. Environ Res Public Health** 18, no. 10 (May 17). Doi: 10.3390/ijerph18105344.

ARAKAKI, X.; ARECHAVALA, R. J.; CHOY, E. H.; BAUTISTA, J.; BLISS, B.; MOLLOY, C.; WU, D. A.; SHIMOJO, S.; JIANG, Y.; KLEINMAN, M. T.; KLONER, R. A. The connection between heart rate variability (HRV), neurological health, and cognition: A literature review. **Front Neurosci**. 2023 Mar 1;17:1055445. doi: 10.3389/fnins.2023.1055445. PMID: 36937689; PMCID: PMC10014754.

BASSO, J. C.; SUZUKI, W. A. The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. **Brain Plast**. 2017 Mar 28;2(2):127-152. Doi: 10.3233/BPL-160040. PMID: 29765853; PMCID: PMC5928534.

BASTEN, U. et al. Trait anxiety and the neural efficiency of manipulation in working memory. **Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience**, 12(3):571-588, 2012.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. **Sports medicine**, v. 43, n. 5, p. 313-338, 2013.

BULL, R.; G. SCERIF. Executive Functioning as a Predictor of Children's Mathematics Ability: Inhibition, Switching, and Working Memory. **Dev Neuropsychol** 19, no. 3: 273-93, 2001. Doi: 10.1207/S15326942DN1903_3.

BURMA, J. S. *et al.* Effects of high-intensity intervals and moderate-intensity exercise on baroreceptor sensitivity and heart rate variability during recovery. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 45, n. 10, p. 1156-1164, 2020.

CARVALHO, F. L. P et al. Acute effects of a warm-up including active, passive, and dynamic stretching on vertical jump performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2447-2452, 2012.

CHANG, T. T.; CHEN, N. F.; FAN, Y. T. Uncovering sex/gender differences of arithmetic in the human brain: Insights from fMRI studies. **Brain Behav**. 2022 Oct;12(10):e2775. Doi: 10.1002/brb3.2775. Epub 2022 Sep 21. PMID: 36128729; PMCID: PMC9575600.

CHENG, D. et al. "Examining the Differential Role of General and Specific Processing Speed in Predicting Mathematical Achievement in Junior High School." **J Intell** 10, no. 1 (Dec 21), 2021. Doi: 10.3390/jintelligence10010001.

CORDEIRO, F. B.; MOURA-SILVA, M. G.; DOMINGUES, M. R. S.; DE SOUZA, M. C.; ROCHA, R.; ESTEBAN-CORNEJO, I. et al. Inhibitory control mediates the association between body mass index and math performance in children: A cross-sectional study. **PLoS ONE** 19(4): e0296635, 2024. Doi: 10.1371/journal.pone.0296635

DAMASIO, A. R. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1346, p. 1413-1420, 1996.

DEKA, B.; DEKA, D. Nonlinear analysis of heart rate variability signals in meditative state: a review and perspective. **BioMed Eng OnLine** 22, 35, 2023. Doi: 10.1186/s12938-023-01100-3

DE ONIS, M.; ONYANGO, A. W.; BORGHI, E.; SIYAM, A.; NISHIDA, C.; SIEKMANN, J. "Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents" **Bull World Health Organ**, vol. 85, no. 9, pp. 660–667, Sep. 2007, pmid:18026621.

DEVINE, A.; FAWCETT, K.; SZÜCS, D. *et al.* Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety. **Behav Brain Funct** 8, 33 (2012). Doi: 10.1186/1744-9081-8-33

DUMONTHEIL, I. et al. "How Do Executive Functions Influence Children's Reasoning About Counterintuitive Concepts in Mathematics and Science?" **J Cogn Enhanc** 7, no. 3-4: 257-275, 2023. Doi: 10.1007/s41465-023-00271-0

FRITZ, C. O; MORRIS, P. E; RICHLER, J. J. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. **J Exp Psychol Gen.** 2012 Feb;141(1):2-18. Doi: 10.1037/a0024338. Epub 2011 Aug 8. Erratum in: J Exp Psychol Gen. 2012 Feb;141(1):30. PMID: 21823805.

GEARY, D. C. et al. "In-Class Attention, Spatial Ability, and Mathematics Anxiety Predict across-Grade Gains in Adolescents' Mathematics Achievement." **J Educ Psychol** 113, no. 4 (May): 754-769, 2021. Doi: 10.1037/edu0000487.

GHASEMI, E.; BURLEY, H. Gender, affect, and math: a cross-national meta-analysis of Trends in International Mathematics and Science Study 2015 outcomes. **Large-scale Assess Educ** 7, 10 (2019). Doi: 10.1186/s40536-019-0078-1

GILES, D.; DRAPER, N.; NEIL, W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. **European journal of applied physiology**, 116(3), p. 563-571, 2016.

GUR, R. C. et al. Age group and sex differences in performance on a computerized neurocognitive battery in children age 8-21. **Neuropsychology**. 2012 Mar;26(2):251-265. Doi: 10.1037/a0026712. Epub 2012 Jan 16. PMID: 22251308; PMCID: PMC3295891.

HERMASSI, S.; KONUKMAN, F.; HAYES, L. D.; SCHWESIG, R. Physical Education and Gender Differences in Physical Activity, Sedentary Behavior Related to Academic Success of Science-Related Courses for Children in the State of Qatar. **Applied Sciences**. 13(19):10771, 2023. Doi: 10.3390/app131910771

- LINDBERG, S. M.; HYDE, J. S.; PETERSEN, J. L.; LINN, M. C. New trends in gender and mathematics performance: a meta-analysis. **Psychol Bull.** 2010, 136(6):1123-35. Doi: 10.1037/a0021276. PMID: 21038941; PMCID: PMC3057475.
- LYONS, I.; BEILOCK, S. When Math Hurts: Math Anxiety Predicts Pain Network Activation in Anticipation of Doing Math. **PloS one.** 7. 2012. e48076. 10.1371/journal.pone.0048076.
- MACHADO, A. F. et al. High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 39, n. 6, p. 378-383, 2019.
- MAGNON, V.; VALLET, G. T.; BENSON, A.; MERMILLOD, M.; CHAUSSE, P.; LACROIX, A.; BOUILLON-MINOIS, J. B.; DUTHEIL, F. Does heart rate variability predict better executive functioning? A systematic review and meta-analysis. **Cortex.** 2022 Oct;155:218-236. doi: 10.1016/j.cortex.2022.07.008. Epub 2022 Aug 6. PMID: 36030561.
- MARKS, G. N. Accounting for the gender gaps in student performance in reading and mathematics: evidence from 31 countries. **Oxford Review of Education**, 34(1), 89–109, 2008. Doi: 10.1080/03054980701565279
- MATTHEWS, G.; EMO, A. K.; FUNKE, G.; ZEIDNER, M.; ROBERTS, R. D.; COSTA, P. T. JR.; SCHULZE, R. Emotional intelligence, personality, and task-induced stress. **J Exp Psychol Appl.** 2006 Jun;12(2):96-107. Doi: 10.1037/1076-898X.12.2.96. PMID: 16802891.
- MCILVAIN, G. et al. "Acute Effects of High-Intensity Exercise on Brain Mechanical Properties and Cognitive Function." **Brain Imaging Behav** (Mar 28), 2024. Doi: 10.1007/s11682-024-00873-y.
- MEIJER, A. et al. "The Effects of Physical Activity on Brain Structure and Neurophysiological Functioning in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis." **Dev Cogn Neurosci** 45 (Oct): 100828, 2020. Doi: 10.1016/j.dcn.2020.100828.
- MIRWALD, R. L.; BAXTER-JONES, A. D. G.; BAILEY, D. A.; BEUNEN, G. P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Med Sci Sports Exerc.** Apr;34(4):689–94, 2002.
- MOORE, S. A.; MCKAY, H. A.; MACDONALD, H.; NETTLEFOLD, L.; BAXTER-JONES, A. D. G.; CAMERON, N.; BRASHER, P. M. A. Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 47(8), 1755–1764, 2015. Doi:10.1249/mss.0000000000000588
- MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da variabilidade da frequência cardíaca, desempenho matemático e função executiva em crianças escolares.** 2019. 115 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

MUSSOLIN, C.; NOËL, M. P.; PESENTI, M.; GRANDIN, C.; DE VOLDER, A. G. Neural correlates of the numerical distance effect in children. **Front Psychol.** 2013 Oct 18;4:663. Doi: 10.3389/fpsyg.2013.00663. PMID: 24151473; PMCID: PMC3798761.

NOLLENBERGER, N.; RODRÍGUEZ-PLANAS, N. Understanding the Math Gender Gap in Latin American Countries. Serie de documentos de Trabajo, 2015, CAF. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/824>

OECD, PISA 2018 Results (Volume II): Where All Students Can Succeed, PISA, OECD Publishing, Paris, 2019. Doi: 10.1787/b5fd1b8f-en.

OECD, PISA 2022 Results (Volume I and II) - Country Notes: Brazil, 2023. Doi: 10.1787/b5fd1b8f-en.

PARK, G.; THAYER, J. F. From the heart to the mind: cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. **Front Psychol.** 2014 May 1; 5:278. Doi: 10.3389/fpsyg.2014.00278. PMID: 24817853; PMCID: PMC4013470.

PINA, V.; MARTELLA, D.; CHACÓN-MOSCOSO, S.; SARACOSTTI, M.; FENOLLAR-CORTÉS, J. Gender-Based Performance in Mathematical Facts and Calculations in Two Elementary School Samples From Chile and Spain: An Exploratory Study. **Front Psychol.** 2021 Aug 17;12:703580. Doi: 10.3389/fpsyg.2021.703580. PMID: 34484056; PMCID: PMC8415871.

POPPA, T.; BECHARA, A. The somatic marker hypothesis: revisiting the role of the ‘body-loop’ in decision-making. **Current opinion in behavioral sciences**, v. 19, p. 61-66, 2018.

REED, J.; ONES, D. S. The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 7, n. 5, p. 477-514, 2006.

RICHMAN, J. S.; MOORMAN, J. R. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 278, n. 6, p. H2039-H2049, 2000.

ROSE, A. J.; RUDOLPH, K. D. A review of sex differences in peer relationship processes: potential trade-offs for the emotional and behavioral development of girls and boys. **Psychol Bull.** 2006 Jan;132(1):98-131. Doi: 10.1037/0033-2909.132.1.98. PMID: 16435959; PMCID: PMC3160171.

RUHLAND, S.; LANGE, K. W. "Effect of Classroom-Based Physical Activity Interventions on Attention and on-Task Behavior in Schoolchildren: A Systematic Review." **Sports Med Health Sci** 3, no. 3 (Sep): 125-133, 2021. Doi: 10.1016/j.smhs.2021.08.003.

RUDOLPH, K. D.; CONLEY, C. S. The socioemotional costs and benefits of social-evaluative concerns: do girls care too much? **J Pers.** 2005 Feb;73(1):115-38. Doi: 10.1111/j.1467-6494.2004.00306.x. PMID: 15660675; PMCID: PMC3158587.

SANCHES, E. A.; GUERRA, O. U. Relational study between gender and school performance of students in elementary and high school in Brasília-Brazil. **RIAAE – Revista Ibero-**

Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 37-62, jan./mar. 2021. e-ISSN: 1982-5587 DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v16i1.13448>

SMITH, R. *et al.* The hierarchical basis of neurovisceral integration. **Neuroscience & biobehavioral reviews**, v. 75, p. 274-296, 2017.

SOARES, D.; WOODS, K. An international systematic literature review of test anxiety interventions 2011–2018. **Pastoral Care in Education**, v. 38, n. 4, p. 311-334, 2020.

SOUZA, M. C.; SILVA, L. M; BENTO-TORRES, N. V. O.; BENTO-TORRES, J. PARE A AULA E FAÇA EXERCÍCIOS! PAUSAS FISICAMENTE ATIVAS MELHORAM O DESEMPENHO EM LEITURA E MATEMÁTICA DE CRIANÇAS ESCOLARES. **Revista Exitus**, v. 14, p. e024021, 2024. Doi: 10.24065/re.v14i1.2584

STEKHOFEN, D. J.; BÜHLMANN, P. MissForest--non-parametric missing value imputation for mixed-type data. **Bioinforma Oxf Engl**. 2012 Jan 1;28(1):112–8.

STOET, G.; GEARY, D. C. Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: within- and across-nation assessment of 10 years of PISA data. **PLoS One**. 2013;8(3):e57988. Doi: 10.1371/journal.pone.0057988. Epub 2013 Mar 13. PMID: 23516422; PMCID: PMC3596327.

SUWABE, K. *et al.* "Rapid Stimulation of Human Dentate Gyrus Function with Acute Mild Exercise." **Proc Natl Acad Sci U S A** 115, no. 41 (Oct 09): 10487-10492, 2018. Doi: 10.1073/pnas.1805668115.

THAYER, J. F.; ÅHS, F.; FREDRIKSON, M.; SOLLERS, J. J.; WAGER, T. D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, 36(2), 747-756, 2012.

THAYER, J. F. *et al.* Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. **Annals of behavioral medicine**, v. 37, n. 2, p. 141-153, 2009.

THAYER, J. F.; LANE, R. D. Claude Bernard and the heart–brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 33, n. 2, p. 81-88, 2009.

THE JAMOVİ PROJECT. jamovi - open statistical software for the desktop and cloud [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 19]. Available from: <https://www.jamovi.org/>

TOTTORI, N. *et al.* "Effects of High Intensity Interval Training on Executive Function in Children Aged 8-12 Years." **Int J Environ Res Public Health** 16, no. 21 (Oct 26), 2019. Doi: 10.3390/ijerph16214127.

VAN DEN BERG, V. *et al.* "Physical Activity in the School Setting: Cognitive Performance Is Not Affected by Three Different Types of Acute Exercise." **Front Psychol** 7: 723, 2016. Doi: 10.3389/fpsyg.2016.00723.

VOSS, M. W. et al. "Acute Exercise Effects Predict Training Change in Cognition and Connectivity." **Med Sci Sports Exerc** 52, no. 1 (Jan): 131-140, 2020. Doi: 10.1249/MSS.0000000000002115

WEIR, C. B.; JAN, A. "BMI Classification Percentile And Cut Off Points," in **StatPearls**, Treasure Island (FL): **StatPearls Publishing**, 2020. Accessed: Feb. 21, 2021. [Online]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541070/>

WONG, ALEXEI; FIGUEROA, ARTURO. Effects of Acute Stretching Exercise and Training on Heart Rate Variability: A Review. **Journal of Strength and Conditioning Research** 35(5): p 1459-1466, May 2021. Doi: 10.1519/JSC.0000000000003084

YIN, J.; TANG, L.; DISHMAN, R. K. The effects of a single session of mindful exercise on anxiety: A systematic review and meta-analysis. **Mental Health and Physical Activity**, v. 21, p. 100403, 2021.

ZHANG, X; LI, W; WANG, J. Effects of Exercise Intervention on Students' Test Anxiety: A Systematic Review with a Meta-Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. 2022; 19(11):6709. Doi: 10.3390/ijerph19116709

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese multipaper propôs investigar de forma integrada como o fortalecimento das funções executivas, a prática de AF e a regulação autonômica — via VFC — impactam o desempenho acadêmico de crianças e adolescentes, especialmente em leitura e matemática. A escolha por abordar essas variáveis decorre do crescente corpo de evidências que relacionam o desenvolvimento cognitivo e físico ao desempenho escolar e à construção de capital cerebral, humano e social, com implicações diretas para o progresso educacional, científico e econômico do país (Smith *et al.*, 2021; Ibanez; Eyre, 2023).

O primeiro estudo da tese contribuiu com uma análise robusta dos caminhos cognitivos que ligam as FEs ao desempenho em PMPs, mostrando que a fluência aritmética e a compreensão de leitura medeiam essa relação. Esse achado reforça o modelo de interdependência entre cognição e linguagem, no qual memória de trabalho e controle inibitório — funções relacionadas ao córtex pré-frontal — viabilizam a integração entre raciocínio lógico e compreensão textual (Blair; Razza, 2007; Cantin *et al.*, 2016). Além disso, investigou possíveis disparidades de sexo, mostrando que tanto meninas quanto meninos precisam aperfeiçoar, simultaneamente, habilidades de cálculo, compreensão de leitura e funções executivas, para que sejam eficientes na resolução de PMPs e melhorar indicadores de avaliação externa, como o PISA (OCDE, 2021). Esses achados apontam para a importância de

intervenções educativas que contemplem tais especificidades cognitivas e emocionais na estruturação de currículos e metodologias de ensino.

O segundo estudo buscou contribuir com isso, apresentando uma revisão integrativa da literatura sobre intervenções escolares baseadas em pausas fisicamente ativas, com foco em seus efeitos sobre o desempenho em leitura e matemática. A síntese dos estudos indicou que essas intervenções, além de não prejudicarem o tempo do conteúdo acadêmico, potencializam o engajamento e o rendimento dos alunos, especialmente em matemática. Além disso, as evidências apontam que os benefícios decorrem, em parte, da melhora das FEs, particularmente no que diz respeito à atenção, autorregulação e memória de trabalho (Fedewa *et al.*, 2015; Mullender-Wijnsma *et al.*, 2016). Esses resultados são motivadores no cenário brasileiro pós-pandemia, onde a defasagem educacional se intensificou, especialmente entre alunos do Norte e Nordeste do país e aqueles em situação de vulnerabilidade socioeconômica (Brasil, 2023). Dessa forma, o estudo reforça a urgência de repensar os currículos escolares, incorporando estratégias baseadas em evidências dos benefícios da inserção de pausas fisicamente ativas na sala de aula, como ferramentas inovadoras para melhorar a aprendizagem.

O terceiro artigo aprofundou essa discussão sobre os efeitos fisiológicos e cognitivos de pausas fisicamente ativas, testando o impacto do HIIT sobre a VFC e o desempenho matemático em escolares. Os resultados mostraram que uma única sessão de HIIT foi suficiente para melhorar a fluência aritmética de meninos e meninas, além de aumentar a reatividade vagal, um indicativo de regulação autonômica eficiente. Esses achados se alinham ao modelo de integração neurovisceral (Thayer; Mather; Koenig, 2021), segundo o qual a VFC, mediada pelo nervo vago, reflete a capacidade do sistema nervoso de adaptar-se ao estresse e de modular respostas emocionais e cognitivas. Níveis mais altos de VFC têm sido associados a maior controle inibitório, menor ansiedade e melhor desempenho em tarefas cognitivas desafiadoras, como problemas matemáticos (Cantin *et al.*, 2016; Cragg *et al.*, 2017; Pascual; Muñoz; Robres, 2019). O estudo, portanto, oferece evidências empíricas sobre o papel do HIIT como uma estratégia viável, de curta duração e impacto significativo na matemática e na modulação cardiovascular de crianças e adolescentes.

Quando analisados em conjunto, os três artigos mostram que o desempenho em matemática está intrinsecamente enraizado em múltiplas dimensões do desenvolvimento na infância e adolescência. A tese demonstra que melhorias nas funções executivas, via prática de atividade física e modulação autonômica, podem atuar como catalisadores de mudanças cognitivas que favorecem a aprendizagem (Hillman; Erickson; Kramer, 2008; Diamond; Ling, 2016). A VFC, enquanto marcador da flexibilidade autonômica, tem sido associada à

autorregulação e ao controle inibitório — componentes essenciais do desempenho acadêmico (Grol; Raedt, 2020; Thayer; Mather; Koenig, 2021). Esse modelo integrado avança para além da visão tradicional de ensino centrada apenas na transmissão de conteúdo, propondo uma abordagem biopsicossocial do processo educacional, coerente com as diretrizes contemporâneas da neuroeducação e das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento integral para a cidadania (OCDE, 2021; Ibanez; Eyre, 2023).

Do ponto de vista das políticas públicas, os achados da tese oferecem subsídios concretos para a reformulação de currículos escolares, seja na esfera federal, estadual ou municipal. Nesse sentido, a implementação, valorização e fortalecimento dos cursos de licenciatura integrada em Ciências, Matemática e Linguagens, para a formação de professores especialistas nessas três áreas, podem contribuir para melhorar o ensino e aprendizagem interdisciplinar, além de oferta de disciplinas específicas em Mente, Cérebro e Educação, considerando os caminhos cognitivos envolvidos na aprendizagem e a interrelação entre aprendizagem, cognição e saúde mental de discentes e docentes. As evidências aqui reunidas reforçam a importância de escolas ativas, que promovam movimento e diminuição do comportamento sedentário, atenção plena e bem-estar emocional como condições indispensáveis para o sucesso escolar e para o desenvolvimento integral dos estudantes. Em um país com profundas desigualdades estruturais como o Brasil, tais estratégias ganham ainda mais relevância ao se mostrarem eficazes na mitigação dos efeitos da pobreza multidimensional sobre a aprendizagem (Unicef, 2025).

Adicionalmente, os resultados desta tese dialogam com a proposta de fortalecer o capital cerebral desde a infância, entendendo-o como um eixo estruturante para a inovação e o desenvolvimento sustentável (Ibanez; Eyre, 2023). A integração entre FEs, VFC e atividade física para melhorar o desempenho em matemática e leitura representa uma fronteira promissora para a ciência da aprendizagem, ao unir evidências de áreas como neurociência, educação, psicologia e saúde pública. Ao mesmo tempo, os dados sugerem que intervenções escolares podem contribuir para o fortalecimento do capital humano — ao promover competências cognitivas fundamentais (Junior *et al.*, 2024) — e do capital social, ao estimular o engajamento, a colaboração e o bem-estar coletivo no ambiente escolar (Fialho; Dias; Macedo, 2023). A tese, portanto, oferece uma proposta prática e fundamentada para auxiliar a construção simultânea dos três tipos de capital — cerebral, humano e social — que sustentam uma educação de qualidade e um desenvolvimento nacional resiliente.

Por fim, embora os achados da tese apontem caminhos relevantes e instigantes, é necessário reconhecer limitações metodológicas, como o tamanho amostral em alguns estudos

e a incorporação de medidas de hormônios do estresse e neurotransmissores que poderiam oferecer uma compreensão mais profunda dos mecanismos fisiológicos. Sugere-se, portanto, que futuras pesquisas explorem os efeitos duradouros das intervenções propositadas aqui, incluindo variáveis como ansiedade acadêmica, engajamento escolar, e indicadores neurobiológicos mais robustos. Investigações com diferentes faixas etárias, contextos regionais e socioeconômicos também são fundamentais para a generalização e ampliação do escopo dessas propostas.

Em síntese, esta tese contribui para o debate sobre como promover um ambiente educacional mais resiliente, potencialmente forte em desempenho e eficiente em práticas de sala de aula, apoiando-se na integração de evidências científicas que reafirmam o papel transformador da escola básica na formação de crianças e adolescentes, na construção de uma sociedade igualitária e desenvolvimento nacional baseado no conhecimento. Ao propor estratégias viáveis de implementação escolar com base em evidências, a presente tese fomenta um paradigma educacional que integra saúde, cognição e equidade como pilares de transformação social.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, B. E.; HERRMANN, S. D.; JACOBS, D. R.; WHITT-GLOVER, M. C.; TUDOR-LOCKE, C. A brief history of the Compendium of Physical Activities. In **Journal of Sport and Health Science** (Vol. 13, Issue 1, pp. 3–5). Elsevier B.V., 2024. Doi: 10.1016/j.jshs.2023.10.001
- ALTERMANN, W.; GRÖPEL, P. Physical fitness is related to concentration performance in adolescents. **Scientific Reports**, 14(1), 2024. Doi: 10.1038/s41598-023-50721-0
- ARAKAKI, X. et al. The connection between heart rate variability (HRV), neurological health, and cognition: a literature review. **Frontiers in Neuroscience**, v. 17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1055445>.
- ARITZETA, A.; ARANBERRI-RUIZ, A.; SOROA, G.; MINDEGUIA, R.; OLARZA, A. Emotional Self-Regulation in Primary Education: A Heart Rate-Variability Biofeedback Intervention Programme. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(9), 2022. Doi: 10.3390/ijerph19095475
- BALAJI, S.; PLONKA, N.; ATKINSON, M.; MUTHU, M.; RAGULSKIS, M.; VAINORAS, A.; MCCRATY, R. Heart rate variability biofeedback in a global study of the most common coherence frequencies and the impact of emotional states. **Scientific Reports**, 15(1), 3241, 2025. Doi: 10.1038/s41598-025-87729-7
- BARBOSA, A.; WHITING, S.; SIMMONDS, P.; MORENO, R. S.; MENDES, R.; BREDAS, J. Physical activity and academic achievement: an umbrella review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.l.], v. 17, n. 16, p. 1–29, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17165972.

BARTHOLO, T. L.; KOSLINSKI, M. C.; TYMMS, P.; CASTRO, D. L. Learning loss and learning inequality during the Covid-19 pandemic. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 119, 2023. DOI: 10.1590/S0104-40362022003003776.

BELLACICCO, R.; CAPONE, F.; SORRENTINO, C.; DI MARTINO, V. The role of active breaks and curriculum-based active breaks in enhancing executive functions and math performance, and in reducing math anxiety in primary school children: a systematic review. **Education Sciences**, v. 15, n. 1, 2025. DOI: 10.3390/educsci15010047.

BLAIN, D. O.; STANDAGE, M.; CURRAN, T. Physical education in a post-COVID world: a blended-gamified approach. **European Physical Education Review**, v. 28, n. 3, p. 757–776, 2022. DOI: 10.1177/1356336X221080372.

BORGHESI, F.; SIMONCINI, G.; CHIRICO, A.; CIPRESSO, P. In medio stat virtus: moderate cognitive flexibility as a key to affective flexibility responses in long-term HRV. **Sensors**, v. 24, n. 24, 2024. DOI: 10.3390/s24248047.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Notas sobre o Brasil no PISA 2022**. Brasília, DF: Inep, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde. **Guia de atividade física para a população brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. 54 p. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_atividade_fisica_populacao_brasileira.pdf. Acesso em: 11 fev. 2025. ISBN 978-85-334-2885-0.

BUENO, M. R. de O.; WERNECK, A. de O.; SILVA, D. R. P. da; OYEYEMI, A. L.; ZAMBRIN, L. F.; FERNANDES, R. A.; SERASSUELO JUNIOR, H.; ROMANZINI, M.; RONQUE, E. R. V. Association between patterns of sedentary time and academic performance in adolescents: the mediating role of self-concept. **Revista Paulista de Pediatria: Órgão Oficial da Sociedade de Pediatria de São Paulo**, v. 40, e2021106, 2022. DOI: 10.1590/1984-0462/2022/40/2021106IN.

BULL, F. C. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, 2020. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102955.

CANTIN, R. H.; GNAEDINGER, E. K.; GALLAWAY, K. C.; HESSON-McINNIS, M. S.; HUND, A. M. Executive functioning predicts reading, mathematics, and theory of mind during the elementary years. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 146, p. 66–78, 2016. DOI: 10.1016/j.jecp.2016.01.014.

CAROLINE, J.; FERNANDES, M.; REGINA DE MELO, S. Relação entre pobreza e desenvolvimento cerebral na infância. **Relationship between child poverty and brain development**, v. 23, 2019.

CASTILLO, F.; FOCHESSATTO, C. F.; DE CASTRO SILVEIRA, J.; REYES AMIGO, T.; MARTÍNEZ, R.; BRAND, C. Get moving and think better: impact of an intervention involving physical activity and active breaks on children's cognition. **Journal of Movement and Health**, Valparaíso, v. 21, n. 2, p. 1–12, 2024. DOI: 10.5027/jmh-Vol21-Issue2(2024)art225. Disponível em: <http://jmh.pucv.cl/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

CATAI, A. M.; PASTRE, C. M.; GODOY, M. F. de; SILVA, E. da; TAKAHASHI, A. C. de M.; VANDERLEI, L. C. M. Heart rate variability: are you using it properly? standardisation

checklist of procedures. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 24, n. 2, p. 91–102, 2020. DOI: 10.1016/j.bjpt.2019.02.006.

CHAND, K.; CHANDRA, S.; DUTT, V. A comprehensive evaluation of linear and non-linear HRV parameters between paced breathing and stressful mental state. **Heliyon**, v. 10, n. 11, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32195.

CHENG, Y.-C.; SU, M.-I.; LIU, C.-W.; HUANG, Y.-C.; HUANG, W.-L. Heart rate variability in patients with anxiety disorders: a systematic review and meta-analysis. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 76, p. 292–302, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/pcn.13356>.

CIBELLE, C.; TOLEDO, S.; SOARES TOLEDO, C.; PEDAGOGIA, E. Artigo original. **Revista Psicopedagogia**, v. 36, n. 111, 2019.

CORDEIRO, F. B. et al. Inhibitory control mediates the association between body mass index and math performance in children: a cross-sectional study. **PLoS ONE**, v. 19, n. 4, 2024. DOI: 10.1371/journal.pone.0296635.

CORSO, H. V.; ASSIS, É. F. de; LOPES-SILVA, J. B.; PICCOLO, L. da R. Intervenção em compreensão de leitura e funções executivas. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 25, e023047, 2023. DOI: 10.20396/etd.v25i00.8667022.

COSTA, R. L. S. Neuroscience and learning. **Revista Brasileira de Educação**, v. 28, 2023. DOI: 10.1590/S1413-24782023280010.

COSTIGAN, S. A.; EATHER, N.; PLOTNIKOFF, R. C.; HILLMAN, C. H.; LUBANS, D. R. High-intensity interval training for cognitive and mental health in adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 10, p. 1985–1993, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000993.

CRAGG, L.; KEEBLE, S.; RICHARDSON, S.; ROOME, H. E.; GILMORE, C. Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. **Cognition**, v. 162, p. 12–26, 2017. DOI: 10.1016/j.cognition.2017.01.014.

CRISTI-MONTERO, C.; JOHANSEN-BERG, H.; SALVAN, P. Multimodal neuroimaging correlates of physical-cognitive covariation in Chilean adolescents. the Cogni-Action Project. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 66, 2024. DOI: 10.1016/j.dcn.2024.101345.

CRUZ-LÓPEZ, P. et al. Nonlinearities of heart rate variability in junior high school students under mathematics anxiety. **IFMBE Proceedings**, v. 96, p. 275–282, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-46933-6_29.

DALY-SMITH, A. J. et al. Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children’s physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 4, n. 1, 2018. DOI: 10.1136/bmjsem-2018-000341.

DE OLIVEIRA, G. H. et al. Effects of high-intensity interval training on central blood pressure: a systematic review and meta-analysis. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 120, n. 4, 2023. DOI: 10.36660/abc.20220398.

DELLIAUX, S.; DELAFORGE, A.; DEHARO, J. C.; CHAUMET, G. Mental workload alters heart rate variability, lowering non-linear dynamics. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 2019. DOI: 10.3389/fphys.2019.00565.

DI LIEGRO, C. M.; SCHIERA, G.; PROIA, P.; DI LIEGRO, I. Physical activity and brain health. **Genes**, v. 10, n. 9, 2019. DOI: 10.3390/genes10090720.

DIAMOND, A.; LING, D. S. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 18, p. 34–48, 2016. DOI: 10.1016/j.dcn.2015.11.005.

DIAS, É.; RAMOS, M. N. A educação e os impactos da Covid-19 nas aprendizagens escolares. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 30, n. 117, p. 859–870, 2022. DOI: 10.1590/S0104-40362022004000001.

DIAS, N. M.; PEREIRA, A. P. P.; SEABRA, A. G. Executive functions in the prediction of academic performance in elementary education. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 38, 2022. DOI: 10.1590/0102.3772E382114.

DIEMER, B. J. **The effect of classroom physical activity breaks on students' academic performance and executive functioning skills**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Dissertação (Mestrado) – Bethel University. Disponível em: <https://spark.bethel.edu/etd/763>.

DIMITRIEV, D. A.; SAPEROVA, E. V.; DIMITRIEV, A. D. State anxiety and nonlinear dynamics of heart rate variability in students. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0146131.

DOMINGUES, M. R. S. **Efeitos agudos do treinamento intervalado de alta intensidade e do alongamento estático na memória de trabalho visuoespacial, desempenho matemático e variabilidade da frequência cardíaca em crianças com ansiedade matemática**.

Orientador: Prof. Dr. João Bento Torres Neto. 2021. 154 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Belém, 2021. Disponível em:

<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/14870>. Acesso em: 15 nov. 2024.

DONNELLY, J. E. et al. Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 6, p. 1197–1222, 2016. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000901.

DORÉ, I.; CARON, J. Santé mentale: concepts, mesures et déterminants. **Santé mentale au Québec**, v. 42, n. 1, p. 125–145, 2017. DOI: 10.7202/1040247ar.

DUMONTHEIL, I. et al. How do executive functions influence children's reasoning about counterintuitive concepts in mathematics and science? **Journal of Cognitive Enhancement**, v. 7, n. 3–4, p. 257–275, 2023. DOI: 10.1007/s41465-023-00271-0.

EGGER, F.; BENZING, V.; CONZELMANN, A.; SCHMIDT, M. Boost your brain, while having a break! the effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. **PLoS ONE**, v. 14, n. 3, e0212482, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0212482.

EKSTRÖM, A.; ÖSTENBERG, A. H.; BJÖRKLUND, G.; ALRICSSON, M. The effects of introducing Tabata interval training and stability exercises to school children as a school-based intervention program. **International Journal of Adolescent Medicine and Health**, v. 31, n. 4, 2019. DOI: 10.1515/ijamh-2017-0043.

EL-MALAH, O. et al. Beneficial impacts of physical activity on heart rate variability: a systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 19, n. 4, 2024. DOI: 10.1371/journal.pone.0299793.

ESTEBAN-CORNEJO, I. et al. Physical fitness, white matter volume and academic performance in children: findings from the ActiveBrains and FITKids2 projects. **Frontiers in Psychology**, v. 10, 2019. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.00208.

FAHEL, M.; TELES, L. R.; CAMINHAS, D. A. Para além da renda: uma análise da pobreza multidimensional no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 31, n. 92, 2016. DOI: 10.17666/319205/2016.

FEDEWA, A. L. *et al.* Academic-Based and Aerobic-Only Movement Breaks: Are There Differential Effects on Physical Activity and Achievement? **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 89, n. 2, p. 153–163, 2018. DOI: 10.1080/02701367.2018.1431602

FEDEWA, A. L.; AHN, S.; ERWIN, H.; DAVIS, M. C. A randomized controlled design investigating the effects of classroom-based physical activity on children's fluid intelligence and achievement. **School Psychology International**, v. 36, n. 2, p. 135–153, 2015. DOI: 10.1177/0143034314565424.

FEIJÓ, D. M. et al. The impact of child poverty on brain development: does money matter? **Dementia & Neuropsychologia**, v. 17, 2023. DOI: 10.1590/1980-5764-DN-2022-0105.

FERRARI, F.; MARTINS, V. M. High-intensity interval training versus continuous exercise: is there a difference regarding the magnitude of blood pressure reduction? **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 115, n. 1, p. 15–16, 2020. DOI: 10.36660/abc.20200261.

FERREIRA, M.; ZANESCO, A. Heart rate variability as important approach for assessment autonomic modulation. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 22, n. 2, p. 3–8, 2016. DOI: 10.1590/S1980-65742016000200001.

FIALHO, J.; DIAS, E.; MACEDO, V. Capital social na teoria das redes sociais. **Latitude**, v. 16, n. 2, p. 8–28, 2023. DOI: 10.28998/lte.2022.n.2.13594.

FIDJELAND, A.; REGE, M.; SOLLI, I. F.; STØRKSEN, I. Reducing the gender gap in early learning: evidence from a field experiment in Norwegian preschools. **European Economic Review**, v. 154, 2023.

FISKE, A.; HOLMBOE, K. Neural substrates of early executive function development. **Developmental Review**, v. 52, p. 42–62, 2019. DOI: 10.1016/j.dr.2019.100866.

FITZPATRICK, C.; MCKINNON, R. D.; BLAIR, C. B.; WILLOUGHBY, M. T. Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? **Learning and Instruction**, v. 30, p. 25–31, 2014. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2013.11.003.

FORTE, G.; CASAGRANDE, M. The intricate brain–heart connection: the relationship between heart rate variability and cognitive functioning. **Neuroscience**, v. 565, p. 369–376, 2025. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2024.12.004.

FORTE, G.; FAVIERI, F.; CASAGRANDE, M. Heart rate variability and cognitive function: a systematic review. **Frontiers in Neuroscience**, v. 13, 2019. DOI: 10.3389/fnins.2019.00710.

FRIEDMAN, N. P.; ROBBINS, T. W. The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. **Neuropsychopharmacology**, v. 47, n. 1, p. 72–89, 2022. DOI: 10.1038/s41386-021-01132-0.

FUHRMANN, D.; KNOLL, L. J.; BLAKEMORE, S. J. Adolescence as a sensitive period of brain development. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 19, n. 10, p. 558–566, 2015. DOI: 10.1016/j.tics.2015.07.008.

GAINO, L. V. O conceito de saúde mental para profissionais de saúde: um estudo transversal e qualitativo. **Rev. Eletrônica Saúde Mental Álcool Drog.**, v. 14, n. 2, p. 108–116, 2018. DOI: 10.11606/issn.1806-6976.smad.2018.149449.

GASIOR, J. S. et al. Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: simple approach considering differences in average heart rate. **Frontiers in Physiology**, v. 9, 2018. DOI: 10.3389/fphys.2018.01495.

GIJSELAERS, H. J. M.; BARBERÀ, E.; KIRSCHNER, P. A.; DE GROOT, R. H. M. Physical activity, sleep, and nutrition do not predict cognitive performance in young and middle-aged adults. **Frontiers in Psychology**, v. 7, 2016. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00642.

GROL, M.; RAEDT, R. The link between resting heart rate variability and affective flexibility. **Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience**, v. 20, n. 4, p. 746–756, 2020. DOI: 10.3758/s13415-020-00800-w.

GUSMÃO, A. S.; GAUDÊNCIO, A. C. F.; SILVA JÚNIOR, J. B.; GAUDÊNCIO, R. N. F. Desafios e impactos: uma revisão bibliográfica sobre a defasagem na aprendizagem causada pela pandemia. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 5, n. 3, 2024. ISSN 2675-7451.

GUTHOLD, R.; STEVENS, G. A.; RILEY, L. M.; BULL, F. C. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. **The Lancet Child & Adolescent Health**, v. 4, n. 1, p. 23–35, 2020. DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2.

HAIR, N. L.; HANSON, J. L.; WOLFE, B. L.; POLLAK, S. D. Association of child poverty, brain development, and academic achievement. **JAMA Pediatrics**, v. 169, n. 9, p. 822–829, 2015. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2015.1475.

HASHMI, D. K.; FAYYAZ, H. N. Adolescence and academic well-being: parents, teachers and students' perceptions. **Journal of Education and Educational Development**, v. 9, n. 1, 2022. DOI: 10.22555/joeed.v9i1.475.

HENRIQUES, T. et al. Nonlinear methods most applied to heart-rate time series: a review. **Entropy**, v. 22, n. 3, 2020. DOI: 10.3390/e22030309.

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. DOI: 10.1123/pes.2016-0125.

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. 58–65, 2008. DOI: 10.1038/nrn2298.

HOWIE, E. K.; SCHATZ, J.; PATE, R. R. Acute effects of classroom exercise breaks on executive function and math performance: a dose-response study. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 86, n. 3, p. 217–224, 2015. DOI: 10.1080/02701367.2015.1039892.

IBANEZ, A.; EYRE, H. Brain capital, ecological development and sustainable environments. **BMJ Mental Health**, v. 26, n. 1, 2023. DOI: 10.1136/bmjment-2023-300803.

IEDE – Interdisciplinaridade e Evidências no Debate Educacional. **O cenário do ensino de Matemática no Brasil: o que dizem os indicadores nacionais e internacionais**. São Paulo: Iede, 2023.

ITO, S. High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases: the key to an efficient exercise protocol. **World Journal of Cardiology**, v. 11, n. 7, p. 171–188, 2019. DOI: 10.4330/wjc.v11.i7.171.

JAMES, J.; PRINGLE, A.; MOURTON, S.; ROSCOE, C. M. P. The effects of physical activity on academic performance in school-aged children: a systematic review. **Children**, v. 10, n. 6, 2023. DOI: 10.3390/children10061019.

JANSSEN, I.; LEBLANC, A. G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 7, p. 40, 2010. DOI: 10.1186/1479-5868-7-40.

JIROUT, J. et al. How lifestyle factors affect cognitive and executive function and the ability to learn in children. **Nutrients**, v. 11, n. 8, 2019. DOI: 10.3390/nu11081953.

JUNIOR, A. B.; MAGALHÃES, F. DE; RODRIGUES, L. C. E.; CARVALHO, M. L. DE O. S.; ASNIS, V. P. A educação e a teoria do capital humano: um entrelaçamento de perspectivas contemporâneas. **Caderno Pedagógico**, 21(6), e4692, 2024. Doi: 10.54033/cadpedv21n6-027

KARI, J. T.; PEHKONEN, J.; HUTRI-KÄHÖNEN, N.; RAITAKARI, O. T.; TAMMELIN, T. H. Longitudinal associations between physical activity and educational outcomes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 49, n. 11, p. 2158–2166, 2017. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001351.

KIM, H. G.; CHEON, E. J.; BAI, D. S.; LEE, Y. H.; KOO, B. H. Stress and heart rate variability: a meta-analysis and review of the literature. **Psychiatry Investigation**, v. 15, n. 3, p. 235–245, 2018. DOI: 10.30773/pi.2017.08.17.

KOPP, P. M.; MÖHLER, E.; GRÖPEL, P. Physical activity and mental health in school-aged children: a prospective two-wave study during the easing of the COVID-19 restrictions. **Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health**, v. 18, n. 1, 2024. DOI: 10.1186/s13034-023-00695-8.

KUHN, H. G.; SKAU, S.; NYBERG, J. A lifetime perspective on risk factors for cognitive decline with a special focus on early events. **Cerebral Circulation - Cognition and Behavior**, v. 6, p. 100217, 2024. DOI: 10.1016/j.cccb.2024.100217.

LAROSE, D. et al. Effects of flexible learning spaces, active breaks, and active lessons on sedentary behaviors, physical activity, learning, and musculoskeletal health in school-aged children: a scoping review. **Journal of Activity, Sedentary and Sleep Behaviors**, v. 3, n. 1, p. 30, 2024. DOI: 10.1186/s44167-024-00068-2.

LATINO, F.; TAFURI, F. Physical activity and academic performance in school-age children: a systematic review. **Sustainability**, v. 15, n. 8, 2023. DOI: 10.3390/su15086616.

LAYNE, T.; YLI-PIIPARI, S.; KNOX, T. Physical activity break program to improve elementary students' executive function and mathematics performance. **Education 3-13**, v. 49, n. 5, p. 583–591, 2021. DOI: 10.1080/03004279.2020.1746820.

LEAHY, A. A. et al. Review of high-intensity interval training for cognitive and mental health in youth. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, n. 10, p. 2224–2234, 2020. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002359

LEAO, E. R. L. P.; DA COSTA, V. O.; SOUZA, MIZAEL CARVALHO DE; MORAES, L. B.; SILVA, L. S.; DIAS JUNIOR, L. P. F.; JARDIM, N. Y. V.; BENTO-TORRES, JOÃO. Contribuições de atividades físicas curtas e vigorosas para o bem-estar mental no ambiente universitário. **CADERNO PEDAGÓGICO (LAJEADO. ONLINE)**, v. 21, p. 1-21, 2024.

LIU, G.; LI, W.; LI, X. Striking a balance: how long physical activity is ideal for academic success? based on cognitive and physical fitness mediation analysis. **Frontiers in Psychology**, v. 14, 2023. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1226007.

LIU, S. et al. Effects of acute and chronic exercises on executive function in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Psychology**, v. 11, 2020. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.554915.

LUAN, X. et al. Exercise as a prescription for patients with various diseases. **Journal of Sport and Health Science**, v. 8, n. 5, p. 422–441, 2019. DOI: 10.1016/j.jshs.2019.04.002.

MA, J. K.; MARE, L. Le; GURD, B. J. Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9- to 11-year olds. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 40, n. 3, p. 238–244, 2015. DOI: 10.1139/apnm-2014-0309.

MANWELL, L. A. et al. What is mental health? evidence towards a new definition from a mixed methods multidisciplinary international survey. **BMJ Open**, v. 5, e007079, 2015. DOI: 10.1136/bmjopen-2014-007079.

MARRERO-RIVERA, J. P. et al. The relationship between physical activity, physical fitness, cognition, and academic outcomes in school-aged Latino children: a scoping review. **Children**, v. 11, n. 3, 2024. DOI: 10.3390/children11030363.

MCCRATY, R.; SHAFFER, F. Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, n. 1, p. 46–61, jan. 2015. DOI: 10.7453/gahmj.2014.073.

MELLO, J. B. et al. School active, brain active: a meta-analysis and meta-regression on chronic school physical activity effects on cognitive performance in children and adolescents. **Educational Research Review**, v. 46, 2025. DOI: 10.1016/j.edurev.2024.100658.

MENU, I. et al. Inhibitory control training on executive functions of children and adolescents: A latent change score model approach. **Cognitive Development**, 64, 1–18. DOI: 10.1016/j.cogdev.2022.101231, 2022.

MOFFITT, T. E. et al. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 7, p. 2693–2698, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1010076108.

MORCHE, M.; PEDRETTI, A.; MELLO, J. Effect of an after-school physical activity program on physical fitness and academic performance of socioeconomically vulnerable children. **Journal of Movement & Health**, v. 20, n. 2, 2023. DOI: 10.5027/jmh-vol20-issue2(2023)art181.

MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da variabilidade da frequência cardíaca, desempenho matemático e função executiva em**

crianças escolares. 2019. 115 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

MULLENDER-WIJNSMA, M. J. et al. Physically active math and language lessons improve academic achievement: a cluster randomized controlled trial. **Pediatrics**, v. 137, n. 3, 2016. DOI: 10.1542/peds.2015-2743.

NAYAK, S. K. et al. A review of methods and applications for a heart rate variability analysis. **Algorithms**, v. 16, n. 9, 2023. DOI: 10.3390/a16090433.

NEUHOLD, R. dos R.; PACHECO, J. N. Desigualdade educacional na pandemia da Covid-19: um estudo sobre o ensino remoto e o abandono escolar. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 44, n. 1, p. 21–34, 2023. DOI: 10.5433/1679-0383.2023v44n1p21.

NIETO-ISIDRO, S.; MARTÍNEZ-ABAD, F. PISA maths-reading index and its relationship with gender and levels of performance. **International Journal of Educational Research**, v. 127, 2024. DOI: 10.1016/j.ijer.2024.102440.

NOBLE, K. G.; HOUSTON, S. M.; KAN, E.; SOWELL, E. R. Neural correlates of socioeconomic status in the developing human brain. **Developmental Science**, v. 15, n. 4, p. 516–527, 2012. DOI: 10.1111/j.1467-7687.2012.01147.x.

NYSTORIAK, M. A.; BHATNAGAR, A. Cardiovascular effects and benefits of exercise. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 5, 2018. DOI: 10.3389/fcvm.2018.00135.

OECD. Education in Brazil: an international perspective. **Paris: OECD Publishing**, 2021. DOI: 10.1787/60a667f7-en.

ORINI, M. et al. Long-term association of ultra-short heart rate variability with cardiovascular events. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-45988-2.

PANICCIA, M.; PANICCIA, D.; THOMAS, S.; TAHA, T.; REED, N. Clinical and non-clinical depression and anxiety in young people: a scoping review on heart rate variability. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, v. 208, p. 1–14, 2017. DOI: 10.1016/j.autneu.2017.08.008.

PASCUAL, A. C.; MOYANO, N.; ROBRES, A. Q. The relationship between executive functions and academic performance in primary education: review and meta-analysis. **Frontiers in Psychology**, v. 10, 2019. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01582.

PASTOR-VICEDO, J. C.; PRIETO-AYUSO, A.; PÉREZ, S. L.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, J. Active breaks and cognitive performance in pupils: a systematic review. **Apunts. Educación Física y Deportes**, n. 146, p. 11–23, 2021. DOI: 10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.(2021/4).146.02.

PEREIRA, E. E. L. D.; MINERVINO, C. A. d. S. M.; DA CRUZ, L. F. P.; ROAMA-ALVES, R. J.; ANDRADE, J. M. Executive functions in children with ADHD and/or reading difficulty. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 36, e3623, 2020. DOI: 10.1590/0102.3772e3623.

POON, E. T. C.; WONGPIPIT, W.; SUN, F.; TSE, A. C. Y.; SIT, C. H. P. High-intensity interval training in children and adolescents with special educational needs: a systematic review and narrative synthesis. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 20, n. 1, 2023. DOI: 10.1186/s12966-023-01421-5.

PONTIFEX, M. B.; MCGOWAN, A. L.; CHANDLER, M. C.; GWIZDALAA, K. L.; PARKS, A. C.; FENN, K.; KAMIJO, K. A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **J Psychology of Sport and Exercise**, n. 40 p. 1-22, 2019. DOI: 10.1016/j.psychsport.2018.08.015.

QU, Z.; CHEN, J.; LI, B.; TAN, J.; ZHANG, D.; ZHANG, Y. Measurement of high-school students' trait math anxiety using neurophysiological recordings during math exam. **IEEE Access**, v. 8, p. 57460–57471, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2982198.

RAVER, C. C.; BLAIR, C. Neuroscientific insights: attention, working memory, and inhibitory control. **Future of Children**, v. 26, n. 2, p. 95–118, 2016. DOI: 10.1353/foc.2016.0014.

REIGAL, R. E. et al. Physical fitness level is related to attention and concentration in adolescents. **Frontiers in Psychology**, v. 11, 2020. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.00110.

REYES-AMIGO, T. et al. Effectiveness of school-based active breaks on classroom behavior, executive functions and physical fitness in children and adolescent: a systematic review. **Frontiers in Public Health**, v. 13, p. 1469998, 2025. DOI: 10.3389/fpubh.2025.1469998.

RILEY, N.; LUBANS, D. R.; HOLMES, K.; MORGAN, P. J. Findings from the EASY minds cluster randomized controlled trial: evaluation of a physical activity integration program for mathematics in primary schools. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 13, n. 2, p. 198–206, 2016. DOI: 10.1123/jpah.2015-0046.

RODRIGUES, P.; REIS, E. C. dos; BIANCHI, L.; PALMA, A. Fatores associados à prática de atividades físicas durante a pandemia da COVID-19 no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 25, p. 1–9, 2020. DOI: 10.12820/rbafs.25e0124.

RODRIGUEZ, C. C.; DE CAMARGO, E. M.; RODRIGUEZ-AÑEZ, C. R.; REIS, R. S. Physical activity, physical fitness and academic achievement in adolescents: a systematic review. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 5, p. 441–448, 2020. DOI: 10.1590/1517-8692202026052019_0048.

RUIZ, A.; NEVADO, B.; SECO, M.; GALÁN, A. Heart Rate Variability Biofeedback Intervention Programme to Improve Attention in Primary Schools. **Applied Psychophysiology Biofeedback**, 2024. Doi: 10.1007/s10484-024-09659-w

SAAVEDRA, J. M.; PRENTICE, A. M. Nutrition in school-age children: a rationale for revisiting priorities. **Nutrition Reviews**, v. 81, n. 7, p. 823–843, 2023. DOI: 10.1093/nutrit/nuac089.

SABAYAN, B. et al. The role of population-level preventive care for brain health in ageing. **The Lancet Healthy Longevity**, v. 4, n. 6, p. e274–e283, 2023. DOI: 10.1016/s2666-7568(23)00051-x.

SALAS-GOMEZ, D. et al. Physical activity is associated with better executive function in university students. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 14, 2020. DOI: 10.3389/fnhum.2020.00011.

SAMBOL, S.; SULEYMAN, E.; SCARFO, J.; BALL, M. A true reflection of executive functioning or a representation of task-specific variance? re-evaluating the unity/diversity framework. **Acta Psychologica**, v. 236, 2023. DOI: 10.1016/j.actpsy.2023.103934.

- SAMUEL, R. D. et al. The effects of maximal intensity exercise on cognitive performance in children. **Journal of Human Kinetics**, v. 57, n. 1, p. 85–96, 2017. DOI: 10.1515/hukin-2017-0050.
- SANTANA, A. N.; ROAZZI, A.; MELO, M. R. A. Os três componentes executivos básicos e o desempenho matemático escolar. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 101, n. 259, 2020. DOI: 10.24109/2176-6681.rbep.101i259.4137.
- SANTOS, M. J. dos; VIEIRA, E. T.; SANTOS, D. de F. dos. Educação e capital social: uma relação estreita com o desenvolvimento. **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 8, n. 2, p. 4–26, jul./dez. 2018. ISSN 2237-9029.
- SCATIGNA, M. et al. Physical activity as a key issue for promoting human health on a local and global scale: evidences and perspectives. **Annali di Igiene: Medicina Preventiva e di Comunità**, v. 31, n. 6, p. 595–613, 2019. DOI: 10.7416/ai.2019.2320.
- SCHÄFER, J.; REUTER, T.; LEUCHTER, M.; KARBACH, J. Executive functions and problem-solving: the contribution of inhibition, working memory, and cognitive flexibility to science problem-solving performance in elementary school students. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 244, 2024. DOI: 10.1016/j.jecp.2024.105962.
- SÉNÉCHAL, M. et al. Vigorous physical activity is important in maintaining a favourable health trajectory in active children: the CHAMPS Study-DK. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-98731-0.
- SHAFFER, F.; McCRAITY, R.; ZERR, C. L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology**, v. 5, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>.
- SHARMA, N.; SHENOY, S. Association between heart rate variability and executive function performance: a cross-sectional study in adult population. **NeuroRegulation**, v. 10, n. 2, p. 78–93, 2023. DOI: 10.15540/nr.10.2.78.
- SHOKRKON, A.; NICOLADIS, E. The directionality of the relationship between executive functions and language skills: a literature review. **Frontiers in Psychology**, v. 13, 2022. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.848696.
- SILVA, J. Y. K.; CUNHA, M. S. da. Capital humano e crescimento econômico: uma análise para o Paraná. **Economia & Região**, v. 6, n. 2, p. 47, 2018. DOI: 10.5433/2317-627x.2018v6n2p47.
- SILVA, M. B. da. **Implementação de aulas fisicamente ativas e pausas em escolas de Aracaju**. 2023. 74 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2023.
- SINGH, B. et al. Effectiveness of physical activity interventions for improving depression, anxiety and distress: an overview of systematic reviews. **British Journal of Sports Medicine**, 2023. DOI: 10.1136/bjsports-2022-106195.
- SMITH, E. et al. A brain capital grand strategy: toward economic reimagination. **Molecular Psychiatry**, v. 26, n. 1, p. 3–22, 2021. DOI: 10.1038/s41380-020-00918-w.
- SMITH, R.; THAYER, J. F.; KHALSA, S. S.; LANE, R. D. The hierarchical basis of neurovisceral integration. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 75, p. 274–296, 2017. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2017.02.003.

SOUZA, M. C.; DA COSTA, V. O.; BENTO-TORRES, JOÃO. ATIVIDADE FÍSICA E APRENDIZAGEM MATEMÁTICA: menos comportamento sedentário, mais aulas fisicamente ativas! In: Marcos Guilherme Moura-Silva; João Bento-Torres. (Org.). **Mente, cérebro e Educação Matemática: evidências para sala de aula**. 1ed. São Paulo: Livraria da Física, 2023, v. 1, p. 1-162.

SOUZA, M. C.; SILVA, L. M.; BENTO-TORRES, N. V. O.; BENTO-TORRES, J. PARE A AULA E FAÇA EXERCÍCIOS! PAUSAS FISICAMENTE ATIVAS MELHORAM O DESEMPENHO EM LEITURA E MATEMÁTICA DE CRIANÇAS ESCOLARES. *Revista Exitus, [S. l.]*, v. 14, n. 1, p. e024021, 2024. DOI: 10.24065/re.v14i1.2584. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.ufopa.edu.br/index.php/revistaexitus/article/view/2584>.

STRÜVEN, A.; HOLZAPFEL, C.; STREMMEL, C.; BRUNNER, S. Obesity, nutrition and heart rate variability. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 8, 2021. DOI: 10.3390/ijms22084215.

THAYER, J. F.; MATHER, M.; KOENIG, J. Stress and aging: a neurovisceral integration perspective. **Psychophysiology**, v. 58, n. 7, 2021. DOI: 10.1111/psyp.13804.

TOMPURI, T. T. Metabolic equivalents of task are confounded by adiposity, which disturbs objective measurement of physical activity. **Frontiers in Physiology**, v. 6, 2015. DOI: 10.3389/fphys.2015.00226.

TREMBLAY, M. S. et al. Global matrix 2.0: report card grades on the physical activity of children and youth comparing 38 countries. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 13, n. 11, p. S343–S366, 2016. DOI: 10.1123/jpah.2016-0594.

TUPITSA, E. et al. Heart rate variability covaries with amygdala functional connectivity during voluntary emotion regulation. **NeuroImage**, v. 274, 2023. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2023.120136.

UNESCO. **Education in Latin America and the Caribbean at a crossroads: regional monitoring report SDG4 – Education 2030**. Paris: UNESCO, 2022. ISBN 978-92-3-100541-1.

UNICEF BRASIL. **Pobreza multidimensional na infância e adolescência no Brasil 2017 a 2023**. 2025.

VAN SLUIJS, E. M. F. et al. Physical activity behaviours in adolescence: current evidence and opportunities for intervention. **The Lancet**, v. 398, n. 10298, p. 429–442, 2021. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01259-9.

VAZ, A. C. N.; JANNUZZI, P. M. Indicador de pobreza multidimensional como síntese dos efeitos da abordagem multisectorial do Plano Brasil Sem Miséria. **Revista Brasileira de Monitoramento e Avaliação**, v. 8, p. 32–49, 2014. DOI: 10.4322/rbma201408003.

VESSONEN, T. et al. Task characteristics associated with mathematical word problem-solving performance among elementary school-aged children: a systematic review and meta-analysis. **Educational Psychology Review**, v. 36, n. 4, 2024. DOI: 10.1007/s10648-024-09954-2.

WATSON, A. J. L.; TIMPERIO, A.; BROWN, H.; HESKETH, K. D. A pilot primary school active break program (ACTI-BREAK): effects on academic and physical activity outcomes for students in years 3 and 4. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 22, n. 4, p. 438–443, 2019. DOI: 10.1016/j.jsams.2018.09.232.

WATSON, A.; TIMPERIO, A.; BROWN, H.; HESKETH, K. D. A primary school active break programme (ACTI-BREAK): study protocol for a pilot cluster randomised controlled trial. **Trials**, v. 18, n. 1, 2017. DOI: 10.1186/s13063-017-2163-5.

WHITE, D. A.; WILLIS, E. A.; PTOMEY, L. T.; GORCZYCA, A. M.; DONNELLY, J. E. Weekly frequency of meeting the physical activity guidelines and cardiometabolic health in children and adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 54, n. 1, p. 106–112, 2022. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002767.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world**. Geneva: WHO, 2018. ISBN 978-92-4-151418-7.

ZAHN, D. et al. Heart rate variability and self-control: a meta-analysis. **Biological Psychology**, v. 115, p. 9–26, 2016. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2015.12.007.

ZHANG, J.; CHEUNG, S. K.; WU, C.; MENG, Y. Cognitive and affective correlates of Chinese children's mathematical word problem solving. **Frontiers in Psychology**, v. 9, 2018. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02357.

ZHAO, G. et al. Impact of physical activity on executive functions: a moderated mediation model. **Frontiers in Psychology**, v. 14, 2023. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1226667.

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(Nome do aluno, nacionalidade, idade, endereço)

_____ neste ato representado por mim, (nome do representante legal, nacionalidade, idade, estado civil, profissão, endereço, grau de parentesco com o participante da pesquisa ou qualificação como tutor ou curador) _____

está sendo convidado a participar do estudo denominado **Implicações da atividade física em crianças com ansiedade matemática** cujo objetivo destina-se *investigar as implicações da atividade física em crianças com ansiedade matemática*.

A Ansiedade Matemática está relacionada ao baixo desempenho na disciplina, podendo causar consequências tanto na vida acadêmica quanto cotidiana do aluno. Há estudos bem estabelecidos mostrando que a ansiedade matemática se desenvolve em crianças, podendo evoluir para os anos escolares subsequentes. Por outro lado, pesquisas evidenciam melhoras no desempenho matemático em alunos que realizaram atividades físicas específicas. Nesse sentido, pretende-se analisar a atividade física como fator de redução/reversão da ansiedade matemática, e que pode, por sua vez, apresentar efeitos positivos no desempenho matemático dos participantes.

A participação de seu representado no referido estudo será no sentido de responder à um questionário que avalia o grau de ansiedade matemática, participar de testes de desempenho matemático, teste neuropsicológico, bem como de atividade física que serão acompanhados pela equipe de pesquisadores.

Fica informado de que, da pesquisa a se realizar, é possível esperar alguns benefícios para a criança, tais como: melhora no desempenho matemático e redução no nível de ansiedade matemática.

Por outro lado, fica informado os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos decorrentes do estudo, tais como o desconforto de responder a questionários e questões matemáticas e indisposição para realizar atividade física.

A privacidade da criança será respeitada, de modo que seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, o (a) identificar, será mantido em sigilo.

Fica informado que pode haver recusa à participação no estudo, bem como pode ser retirado o consentimento a qualquer tempo, sem precisar haver justificativa. Ao sair da pesquisa, não haverá qualquer prejuízo a criança participante.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são: Doutor João Bento Torres Neto, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará; Doutor Tadeu Oliver Gonçalves, Professor Titular da Universidade Federal do Pará; Doutor Marcos Guilherme Moura Silva, Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará; Professor Mauro Roberto de Souza Domingues, aluno de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará; Professor Mizael Carvalho de Souza, aluno de mestrado do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará, e com eles poderei manter contato pelos telefones: (91)98843-1058; (91)993045017; (91)98108-3765; (91)98318-7339; (91)99184-2396, respectivamente.

É assegurada a assistência do meu representado durante toda a pesquisa, bem como lhe é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da participação de _____ (*nome do aluno*).

Tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do estudo, autorizo a participação de _____ (*nome do aluno*) na referida pesquisa, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, pela participação.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo contactar o conselho de Ética em Pesquisa, localizado na Rua Augusto Corrêa nº 01-Sl do ICS 13 - 2º andar, Campus Universitário do Guamá, Belém-PA, Telefone: (91)3201-7735 ou IEMCI/UFPA, através do número (91) 3201-7487 ou mandar *email* para iemci@ufpa.br

Belém, ____ de ____ de 2019.

(Assinatura e RG do representante legal do aluno)

Prof. Esp. Mizael Carvalho de Souza
Pesquisador Responsável

Apêndice B – Ficha de Avaliação do Protocolo – EXAM

Preparativos:

Buscar o(a) participante em sala, perguntar se quer ir ao banheiro ou tomar água?

Colocar o frequencímetro no(a) participante e ativar o relógio, indicar a cadeira onde será realizado o teste e preencher ficha do protocolo.

Perguntar se o(a) participante consumiu cafeína ou chocolate. Sim () Não ()

Perguntar se o(a) participante está acostumado a usar teclado e mouse. Sim () Não ()

Nome: _____ Série: _____ Sexo: _____ Idade: _____ anos

Data de nascimento: ____/____/____ Data da coleta: ____/____/____ Hora: _____

IDENTIFICAÇÃO (ID): (Data da coleta + Iniciais do nome + Data de nascimento)

Exemplo ID: **280819** + **VM** + **100110**

ID: _____

Obs: Após preencher o cabeçalho colocar o frequencímetro.

REGISTRO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

Início:	Final:
----------------	---------------

Obs: Registro da frequência cardíaca (bpm) em estado basal (após 6 minutos de completo repouso iniciar os testes).

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE DE DESEMPENHO MATEMÁTICO (TDM) [10 min]

- NA TELA DO COMPUTADOR SERÃO APRESENTADAS EXPRESSÕES DE MATEMÁTICA, QUE VOCÊ DEVERÁ RESOLVER MENTALMENTE.
- DIGA EM VOZ ALTA O RESULTADO.
- É PERMITIDO UTILIZAR OS DEDOS PARA ENCONTRAR O RESULTADO.
- TENHA RESPONDER A MAIOR QUANTIDADE DE EXPRESSÕES!
- VAMOS RESOLVER DUAS EXPRESSÕES PARA VER SE VOCÊ ENTENDEU.
- PODEMOS COMEÇAR?

Tempo Início (cronômetro V800):				Tempo Final (cronômetro V800):			
Questão	Operação	Resposta	Acerto e erro	Questão	Operação	Resposta	Acerto e erro
01	$(1 \times 8) - 3 =$	5	✓ ()	21	$(1 \times 9) - 5 =$	4	✓ ()
02	$(3 \times 2) - 5 =$	1	✓ ()	22	$(2 \times 4) - 3 =$	5	✓ ()
03	$(2 \times 3) - 2 =$	4	✓ ()	23	$(3 \times 2) - 3 =$	3	✓ ()
04	$(4 \times 2) - 5 =$	3	✓ ()	24	$(4 \times 2) - 6 =$	2	✓ ()
05	$(9 \times 1) - 7 =$	2	✓ ()	25	$(8 \times 1) - 7 =$	1	✓ ()

06	$(4 \times 5) - 14 =$	6	✓✗	26	$(4 \times 8) - 13 =$	19	✓✗
07	$(7 \times 3) - 13 =$	8	✓✗	27	$(7 \times 3) - 14 =$	7	✓✗
08	$(8 \times 4) - 15 =$	17	✓✗	28	$(8 \times 4) - 14 =$	18	✓✗
09	$(8 \times 5) - 13 =$	27	✓✗	29	$(8 \times 5) - 12 =$	28	✓✗
10	$(9 \times 6) - 15 =$	39	✓✗	30	$(9 \times 5) - 14 =$	31	✓✗
11	$(4 \times 8) - 3 =$	29	✓✗	31	$(4 \times 8) - 4 =$	28	✓✗
12	$(5 \times 9) - 8 =$	37	✓✗	32	$(5 \times 9) - 6 =$	39	✓✗
13	$(3 \times 9) - 3 =$	24	✓✗	33	$(3 \times 9) - 2 =$	25	✓✗
14	$(4 \times 6) - 5 =$	19	✓✗	34	$(4 \times 5) - 6 =$	14	✓✗
15	$(5 \times 3) - 6 =$	9	✓✗	35	$(5 \times 5) - 9 =$	16	✓✗
16	$(7 \times 9) - 4 =$	59	✓✗	36	$(7 \times 9) - 5 =$	58	✓✗
17	$(8 \times 7) - 11 =$	45	✓✗	37	$(8 \times 9) - 15 =$	57	✓✗
18	$(8 \times 9) - 15 =$	57	✓✗	38	$(8 \times 7) - 11 =$	45	✓✗
19	$(8 \times 4) - 14 =$	18	✓✗	39	$(9 \times 7) - 7 =$	56	✓✗
20	$(8 \times 8) - 9 =$	55	✓✗	40	$(5 \times 9) - 10 =$	35	✓✗

Tempo Total do Teste: 10 min.

Precisão de resposta (Quantidade total de respostas corretas)

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE NEUROPSICOLÓGICO FLANKER

(Controle Inibitório) [+/- 7 min]

- APONTE PARA QUE LADO A SETA ESTÁ INDICANDO.
- SE A SETA DO MEIO ESTIVER APONTANDO PARA A ESTE LADO (ESQUERDA), APERTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL A TECLA “SHIT ESQUERDA” DO TECLADO.
- SE A SETA DO MEIO ESTIVER APONTANDO PARA O OUTRO LADO (DIREITA), APERTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL A TECLA “SHIT DIREITA” DO TECLADO.
- APARECERÃO 5 SETAS NA TELA, SUA ATENÇÃO DEVERÁ ESTAR VOLTADA PARA A SETA QUE ESTÁ NO MEIO.
- IGNORE AS OUTRAS SETAS E FIQUE ATENTO SOMENTE A SETA CENTRAL
- PREPARE-SE E VEJA ALGUNS EXEMPLOS.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE NEUROPSICOLÓGICO BLOCOS CORSI (Memória de Trabalho) [+/- 5 MIN]

- VÃO APARECER NA TELA NOVE QUADRADOS DA COR AZUL.
- ALGUNS QUADRADOS IRÃO PISCAR NA COR AMARELA.
- UTILIZE O MOUSE E CLIQUE APENAS UMA VEZ EM CIMA DE CADA QUADRADO, SEGUINDO A SEQUÊNCIA EM QUE ELES MUDARAM DE COR.
- TENHA CERTEZA DE QUE O QUADRADO MUDOU DE COR QUANDO VOCÊ CLICOU NELE.
- EM SEGUIDA CLIQUE NO BOTÃO “Final”.
- NESSE TESTE VOCÊ NÃO PRECISA FAZER O MAIS RÁPIDO QUE PUDER, APERTE O BOTÃO DO MOUSE PARA CONTINUAR.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE DE PMP [8 min]

- PREENCHER O CABEÇALHO.
- SÃO SITUAÇÕES PROBLEMAS QUE EXIGEM ATENÇÃO NA RESOLUÇÃO.
- ASSIM, PRIMEIRAMENTE, LEIA A QUESTÃO E DEPOIS REALIZE OS CÁLCULOS DA MANEIRA QUE ACHAR MELHOR PARA OBTER A RESPOSTA DO PROBLEMA (MENTALMENTE OU MONTANDO A CONTINHA, DESDE QUE ESCREVA SUA RESPOSTA).
- VOCÊ PODE USAR O ESPAÇO EM BRANCO, ABAIXO DE CADA QUESTÃO, PARA RASCUNHAR E APRESENTAR UMA RESPOSTA. RESOLVA QUANTAS QUESTÕES FOR POSSÍVEL ATÉ QUE SEJA SOLICITADO (A) A PARAR.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

INSTRUÇÕES PARA REALIZAR O TESTE CLOZE [+/- 4 min]

- PREENCHER O CABEÇALHO.
- PRIMEIRAMENTE, FAÇA UMA LEITURA COMPLETA DO TEXTO E DEPOIS ESCREVA A PALAVRA QUE MELHOR COMPLETE O SENTIDO DA SITUAÇÃO APRESENTADA. O TAMANHO DO **TRAÇO** CORRESPONDE AO TAMANHO DA PALAVRA QUE CABE EM CADA ESPAÇO.

Tempo Início (cronômetro V800):

Tempo Final (cronômetro V800):

Apêndice C – Questões do Teste de Problemas Matemáticos de Palavras (PMP)

MASCULINO ☐	FEMININO ☐	ANO: _____	IDADE: _____
ALUNO (A): _____		ID: _____	

LEITURA MATEMÁTICA

Modo de responder:

Primeiramente, leia a questão completa e depois realize os cálculos da maneira que achar melhor para obter a resposta do problema. Você pode usar os espaços em branco para rascunhar e apresentar sua resposta.

i. Junior tem 8 bolinhas de gude. O Thiago tem 5 bolinhas a menos que Junior. Quantas bolinhas o Thiago têm? ii. Pablo tem 9 brinquedos. Ele tem 5 brinquedos a menos que Jorge. Quantos brinquedos o Jorge têm? iii. Marcela tem 7 canetas. A Joice tem 3 canetas a mais do que Marcela. Quantas canetas Joice têm?	iv. Dona Maria costurou 12 peças de roupas. Ela costurou 8 peças a mais do que Dona Joana. Quantas peças de roupas Dona Joana costurou? v. Bruno levou 13 reais para lanche na escola. O Júlio levou 6 reais a menos que Bruno. Quantos reais o Júlio levou? vi. Maria tem 10 anos de idade. Ela tem 7 anos a menos que Joice. Qual a idade de Joice?
---	--

vii. Luís tem 9 carrinhos de coleção. Moisés tem 6 carrinhos de coleção a mais do que Luís. Quantos carrinhos de coleção Moisés têm?	xi. Dona Maria costurou 12 peças de roupas. A Joana costurou 8 peças a mais do que Dona Maria. Quantas peças de roupas Joana costurou?
viii. José é pai de 8 filhos. Ele tem 2 filhos a mais do que Marcelo. Quantos filhos Marcelo têm?	xii. Rita levou 7 reais para o lanche na escola. Ela levou 4 reais a mais do que Rebeca. Quanto Rebeca levou?
ix. Jorge marcou 6 gols no jogo de futsal. Mário marcou 4 gols a menos que Jorge no mesmo jogo. Quantos gols Mário marcou?	xiii. Fabrício tem 10 irmãos. Tom tem 5 irmãos a menos que Fabrício. Quantos irmãos Tom tem?
x. Brício corre 11 minutos por dia. Ele corre 5 minutos a menos que Tom. Quantos minutos Tom corre por dia?	xiv. Jorginho possui 9 canetas. Ele tem 3 canetas a menos que Lucas. Quantas canetas Lucas possui?

xv. Maria tem 10 anos de idade. Joice tem 8 anos a mais do que Maria. Qual a idade de Joice?	xix. Moisés marcou 14 pontos no jogo de vôlei. Marcos marcou 6 pontos a mais do que Moisés. Quantos pontos Marcos marcou?
xvi. Marina dorme 7 horas por dia. Ela consegue dormir 5 horas a mais do que Júlia. Quantas horas Júlia dorme por dia?	xx. Juninho acertou 9 questões no teste de matemática. Ele acertou 4 questões a mais do que Vítor. Quantas questões Vítor acertou?
xvii. Vitória tem 16 figurinhas. Roberta tem 9 figurinhas a menos que Vitória. Quantas figurinhas Roberta têm?	xxi. Gisele leu 10 gibis numa semana. Na mesma semana, Kézia leu 6 gibis a menos que Gisele. Quantos gibis Kézia leu?
xviii. Sílvia escreveu um texto com 17 linhas. Ela escreveu 11 linhas a menos que Nayara. Quantas linhas tem o texto de Nayara?	xxii. Monique tem 11 anos de idade. Ela tem 7 anos a menos que Talita. Quantos anos Talita têm?

xxiii. O grupo A contém 15 pessoas. O grupo B contém 11 pessoas a mais do que o grupo A. Quantas pessoas têm no grupo B?

xxiv. Uma Kombi possui 12 lugares. Ela possui 7 lugares a mais do que um carro. Quantos lugares possui um carro?

xxv. Túlio comeu 5 jujubas no aniversário. Pedro comeu 3 jujubas a menos que Túlio. Quantas jujubas Pedro comeu?

xxvi. Márcio trabalha 13 horas por dia. Ele trabalha 5 horas a menos que Diego. Quantas horas Diego trabalha por dia?

xxvii. A casa de Guilherme tem 10 cômodos. Na casa de André tem 4 cômodos a mais do que na casa de Guilherme. Quantos cômodos têm na casa de André?

xxviii. O jardim de Ana possui 17 plantas. Ela tem 11 plantas a mais do que Laura. Quantas plantas têm no jardim de Laura?

xxix. O álbum de Letícia tem 9 figurinhas. Eva possui 4 figurinhas a menos do que Letícia. Quantas figurinhas tem no álbum de Eva?

xxx. Matheus acessa a internet 6 horas por dia. Ele acessa 4 horas a menos que Fábio. Quantas horas Fábio acessa a internet por dia?

Anexo A – Parecer de Aprovação do Conselho de Ética em Pesquisa

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Implicações da Atividade Física em Crianças com Ansiedade Matemática

Pesquisador: Marcos Guilherme Moura Silva

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 76887417.2.0000.0018

Instituição Proponente: Instituto de Educação Matemática e Científica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.195.511

Apresentação do Projeto:

A ansiedade matemática (AM) pode interferir negativamente na cognição e no desempenho acadêmico, contribuindo para que uma parcela significativa da população escolar não experimente uma adequada proficiência matemática. Por outro lado, um campo de pesquisa emergente indica que a atividade física pode melhorar funções cognitivas e realizações acadêmicas em crianças. Partindo de tais pressupostos e da ausência de evidências correlacionando essas temáticas, objetiva-se investigar as implicações agudas do exercício físico moderado (~70% VO₂ máx.) em meninos e meninas na faixa etária entre 9 e 12 anos que apresentem alta ansiedade matemática (HMA). Após o consentimento dos pais e responsáveis, testes subjetivos como a Escala Curta de ansiedade matemática para Crianças (SEMA), o teste de ansiedade geral (Children's Manifest Anxiety Scale, segunda edição) e a Escala Revisada de Ansiedade e Depressão Infantil (RCADS), serão aplicados em quatro escolas públicas na cidade de Belém (PA), sendo em 120 alunos da Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará, 120 alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental Caldeira Castelo Branco, 120 alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Pedro I e 120 alunos da Escola Municipal de Ensino Fundamental Alzira Pernambuco, classificando-os de acordo com seus graus de ansiedade: HMA- alta ansiedade Matemática e LMA- baixa ansiedade matemática. Após a triagem inicial, as crianças participarão de testes neuropsicológicos e de desempenho matemático, antes (T0) e imediatamente após (T1) à prática de atividade física moderada em esteira motorizada, sempre monitorados por aparelho de

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.

Bairro: Campus Universitário do Guamá

CEP: 66.075-110

UF: PA

Município: BELEM

Telefone: (91)3201-7735

Fax: (91)3201-8028

E-mail: cepccs@ufpa.br

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 3.195.511

variabilidade da frequência cardíaca (cardiofrequencímetro modelo V800 da marca Polar). Espera-se que a atividade física mitigue os efeitos da AM ao mesmo tempo que melhore o desempenho acadêmico dos participantes.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Investigar as implicações agudas do exercício físico moderado (~70% VO₂ max) em crianças com ansiedade matemática.

Objetivo Secundário: Analisar a relação entre Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), Desempenho Matemático e Ansiedade Matemática;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Dentre os riscos previsíveis, salienta-se o constrangimento ao se tentar responder a Escala de Ansiedade Matemática e o teste de desempenho acadêmico. Em atenção à eles, os testes poderão ser realizados individualmente ou coletivamente com sigilo absoluto de seus resultados, sem prejuízo de informações aos pais e responsáveis. Em relação aos riscos envolvidos na prática da atividade física, ela se dará de modo individual, precedida de uma explicação minuciosa de seu desenvolvimento, sempre mediada pela equipe técnica da pesquisa. Com os riscos minimizados, a pesquisa oferece elevada possibilidade de gerar conhecimento de prevenção e remediação da ansiedade matemática na infância. Ressalta-se que o pesquisador responsável suspenderá a pesquisa imediatamente ao perceber algum dano à integridade física do sujeito participante da pesquisa e o Comitê de Ética em Pesquisa será informado dos efeitos adversos ou fatos significativos que alterem o curso normal da investigação. Igualmente, assume-se a responsabilidade de prover assistência integral decorrentes dos possíveis riscos.

Benefícios: O desenvolvimento do estudo poderá trazer benefícios físicos, mentais e emocionais aos participantes da pesquisa, particularmente aqueles relacionados a melhora no desempenho matemático e a redução no nível de ansiedade matemática, conduzindo para uma adequada proficiência numérica. Ademais, a difusão do conhecimento a partir de canais de comunicação científica, ampliará a discussão emergente dos efeitos da atividade física na cognição.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo encaminhado trata-se de uma emenda com a justificativa de que diante da necessidade de algumas demandas da pesquisa "Implicações da atividade Física em Crianças com

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.
Bairro: Campus Universitário do Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO**



Continuação do Parecer: 3.195.511

Ansiedade Matemática", já apreciada e aprovada por esse conselho sob o número CAAE: 76887417.2.0000.0018 e Parecer nº 2.305.203, solicitamos a inclusão dessas emendas ao projeto original, que não descaracterizam o estudo originalmente proposto. _ Fizemos a inclusão de mais três (3) escolas: Escola Estadual de Ensino Fundamental Caldeira Castelo Branco, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Pedro I e Escola Municipal de Ensino Fundamental Alzira Pernambuco, com o objetivo de expandir a amostra a fim de aumentar a Heterogeneidade dentro da amostra, com a perspectiva de tornar os resultados mais confiáveis, fazendo com que esse método possa ser reproduzido em outros lugares. _ A inclusão da escala RCADS entra no projeto como covariável, pois, nosso objetivo é que essa escala possa fornecer mais subsídios durante as análises sobre a ansiedade. _ Devido o aumento de escolas, das amostras e da escala RCADS, consequentemente o cronograma da pesquisa precisou sofrer alteração, por este motivo, ampliamos a pesquisa até 31 de dezembro de 2020.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentados contemplam os sugeridos pelo sistema CEP/CONEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1208982_E1.pdf	28/11/2018 00:13:10		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Esclarecido.doc	27/11/2018 23:58:27	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Outros	Questionario_Rcads.doc	27/11/2018 23:50:27	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_execucao_da_pesquisa.doc	27/11/2018 23:49:41	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Outros	Modelo_Testes_Desempenho_Matematico.pdf	31/08/2017 16:51:56	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Outros	EscalaOQPS_RCMAS.pdf	31/08/2017 16:49:09	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.

Bairro: Campus Universitário do Guamá **CEP:** 66.075-110

UF: PA **Município:** BELEM

Telefone: (91)3201-7735

Fax: (91)3201-8028

E-mail: cepccs@ufpa.br

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 3.195.511

Outros	SEMA.docx	31/08/2017 16:47:58	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_de_concordancia_de_pesquisadores.pdf	31/08/2017 15:31:35	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_instituicao_e_infraestrutura.pdf	31/08/2017 15:30:56	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Brochura_do_investigador.pdf	31/08/2017 15:27:47	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	31/08/2017 15:20:49	Marcos Guilherme Moura Silva	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELEM, 13 de Março de 2019

Assinado por:

**Wallace Raimundo Araujo dos Santos
(Coordenador(a))**

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01-SI do ICS 13 - 2º and.

Bairro: Campus Universitário do Guamá **CEP:** 66.075-110

UF: PA **Município:** BELEM

Telefone: (91)3201-7735

Fax: (91)3201-8028

E-mail: cepccs@ufpa.br

Anexo B – Texto do Teste de Compreensão de Leitura (CLOZE)

MASCULINO ☐ FEMININO ☐ ANO: _____ IDADE: _____
 ALUNO (A): _____ ID: _____

Escala CLOZE

Modo de responder:

Primeiramente, leia o texto até o fim e depois escreva a palavra que melhor complete o sentido da situação apresentada. O tamanho do **TRAÇO** corresponde ao tamanho da palavra que cabe em cada espaço.

A PRINCESA E O FANTASMA

Era uma vez uma princesa que vivia muito infeliz em seu palácio. Ela era apaixonada por ____ fantasma que vivia escondido ____.

Um dia chegou um _____ estrangeiro e disse à ____ que o seu fantasma ____ um príncipe enfeitiçado.

A _____ suspirou de alívio e _____ pensando em uma maneira ____ tirar aquele feitiço. Achou ____ se o fantasma soubesse ____ seu amor por ele, __ feitiço desapareceria.

Acreditando nisso, __ princesa armou um plano __ prendeu o fantasma numa _____ de música. Declarou seu _____ a ele e, ao abrir a caixinha, o som da música se transformou num príncipe maravilhoso.

Obrigado pela participação na construção do texto!

