



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**



**PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**  
**UPE/UFPB**  
**CURSO DE DOUTORAMENTO**

**Comportamentos de movimento e função executiva em pré-escolares**

**Thaynã Alves Bezerra**

João Pessoa, 16 de fevereiro de 2022

**Thaynã Alves Bezerra**

**Comportamentos de movimento e função executiva em pré-escolares**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física UPE/UFPA como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

**Área de concentração:** Saúde, Desempenho e Movimento Humano

**Linha de pesquisa:** Epidemiologia da Atividade Física

**Orientadora:** Profa. Dra. Clarice Maria de Lucena Martins

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

B574c Bezerra, Thaynã Alves.

Comportamentos de movimento e função executiva em  
pré-escolares / Thaynã Alves Bezerra. - João Pessoa,  
2022.

177 f. : il.

Orientação: Clarice Maria de Lucena Martins.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCS.

1. Comportamentos de movimento. 2. Função executiva.  
3. Pré-escolares. I. Martins, Clarice Maria de Lucena.  
II. Título.

UFPB/BC

CDU 796.012.3(043)

**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-UFPA**  
**CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

A Tese **Comportamentos de movimento e função executiva em pré-escolares.**

Elaborada por Thaynã Alves Bezerra

Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de DOUTOR EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano.

João Pessoa, 16 de fevereiro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Clarice Maria de Lucena Martins  
(UFPB) - Presidente da Sessão



Prof. Dr. Mauro Virgilio Gomes de Barros  
(UPE) - Membro Interno



Prof. Dr. Rafael Miranda Tassitano  
(UPE) – Membro Interno

Digitally signed by  
Suellen Andrade  
Date: 2022.03.01  
'18:18:16 -03'00



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Suelen Mary Marinho dos Santos Andrade  
(UFPB) – Membro Externo



Prof. Dr. Fernando de Aguiar Lemos  
(UNIVASF) – Membro Externo

## AGRADECIMENTOS

Obter o título de doutora é o fim de um ciclo. Um processo que foi di doloroso e literalmente caro. No entanto, foi também um ciclo de muita aprendizagem, muitas aventuras e grandes amizades. Grandes homens fizeram parte dessa conquista, dentre tantos quero enaltecer aqui meu marido, melhor companheiro de jornada que eu poderia ter; meu pai, maior exemplo de coragem e estimulador desse meu sonho maluco; meu irmão, pra quem eu nunca fui exemplo, inclusive desistiu da educação física por minha causa, esperto ele; meu primeiro orientador, Ferdinando Oliveira Carvalho, um dos maiores exemplos de humildade que eu pude conhecer na pós-graduação; meu amigo Paulo Felipe, o amigo mais inteligente e mais gente boa da Terra; e por fim, meus filhos que ressignificaram tudo em minha vida, inclusive o sentido do doutorado. Todos e tantos os outros homens presentes nesse momento, sintam-se aqui representados pelos nomes que citei, enquanto escrevia essas linhas lembrei de momentos únicos com cada um de vocês que contribuíram com essa história.

Mas essa importante fase da minha vida, me ensinou muito mais do que apenas como ser uma pesquisadora/cientista, me ensinou como ser uma MULHER NA CIÊNCIA, o que diga-se de passagem, é bem mais complexo do que as análises de rede que usei nessa tese. Primeiramente minha MÃE, a mulher mais importante da minha vida, minha melhor amiga, meu abrigo eterno, meu remédio para os dias de cansaço e desânimo; em seguida minha IRMÃ, pra quem sempre quis ser o melhor exemplo, que me faz entender diariamente que a sociedade precisa de mulheres atuantes, para assim se tornar mais humana; minhas amigas, quase irmãs, LUCIANA e JÉSSICA; meus outros amores TAÍS, ALESANDRA e MALU-MALUCA. Ainda teriam muitas outras mulheres a quem agradecer, minha sogra, cunhada, avós, tias, primas, amigas, colegas de laboratório... Mulheres especiais é o que não falta na minha vida.

No meio acadêmico, quero enaltecer a diva maravilhosa professora SOCORRO BRASILEIRO. Obrigada por não me deixar desistir, por ser essa mãezona que acolhe os alunos no momento de desespero e por priorizar a nossa saúde mental em detrimento do ego inflado de alguns professores. Por fim, a mais importante para o fechamento desse ciclo, minha orientadora, professora

CLARICE MARTINS. Pensa num ser humano lindo, pensa numa grandeza, humildade, gentileza... Professora, a senhora foi a melhor surpresa do meu doutorado, me ensina diariamente a ser cientista e pesquisadora, mas também a conciliar tudo isso com a maternidade, com o ser esposa e o mais importante com o ser MULHER, que é tão capaz/quanto e que, com excelência no que faz vai derrubando os altos muros presentes na carreira de pesquisadora. Esse processo só foi possível pelo seu profissionalismo, competência e humanidade. Mil obrigadas não seriam suficientes para agradecer.

Quero agradecer também a todos os machistas que consciente e/ou inconscientemente tentaram me fazer desistir, quanto mais vocês diziam que eu não seria capaz, que orientar mulher é ruim, que eu deveria me ater aos trabalhos domésticos ou que a vida útil da pesquisadora encerra quando ela se torna mãe, mais eu estudava pra ser melhor... Eu os quero dizer, que o machismo de vocês nunca me atingiu, porque eu fui criada para alcançar o céu, caso eu quisesse, porque o homem e a MULHER que me educaram nunca subestimaram minha capacidade.

Hoje mais uma vez o machismo estrutural da nossa sociedade perdeu uma batalha, hoje mais uma MULHER/ESPOSA/MÃE/FILHA se tornou doutora. A guerra ainda não acabou, mas hoje inicia também meu compromisso de ajudar a formar outras doutoras, tantas, quantas queiram, porque lugar de mulher é onde ela quiser.

## EPÍGRAFE

*A ciência humana de maneira nenhuma nega a existência de Deus. Quando considero quantas e quão maravilhosas coisas o homem compreende, pesquisa e consegue realizar, então reconheço claramente que o espírito humano é obra de Deus, e a mais notável.*

*Galileu Galilei*

## **LISTA DE SIGLAS**

AF = atividade física

AFL = atividade física leve

AFM = atividade física moderada

AFV = atividade física vigorosa

AFMV = atividade física moderada à vigorosa

CS = comportamento sedentário

FE = função executiva

IMC = índice de massa corporal

ACR = aptidão cardiorrespiratória

EI = eficiência inversa

TR = tempo de reação

AC = acurácia

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

| <b>Título</b>                                                            | <b>Nº da<br/>pagina</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Figura 1. Componente das Funções executivas (adaptado de Diamond, 2013). | 28                      |
| Figura 2. Mapa da cidade de João Pessoa dividido por Pólos.              | 48                      |

### Quadros

| <b>Título</b>                                                                                                             | <b>Nº da<br/>pagina</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Quadro 1. Objetivos específicos e hipóteses adotadas para o estudo.                                                       | 21                      |
| Quadro 2. Estudos observacionais que analisaram a associação entre atividade física e função executiva em pré-escolares.  | 36                      |
| Quadro 3. Estudos de intervenção que analisaram os efeitos da atividade física sobre a função executiva em pré-escolares. | 39                      |

### Tabelas

| <b>Título</b>                                                                                               | <b>Nº da<br/>pagina</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Tabela 1. Operacionalização das variáveis e tratamento estatístico dos estudos realizados na tese doutoral. | 54                      |

## RESUMO

Ao longo do dia, o ser humano encontra-se em um *continuum* de comportamentos de movimento, que são: sono, comportamento sedentário (CS) e atividade física (AF), em todas as suas intensidades. Analisar tais comportamentos já na primeira infância pode fornecer subsídios para maximizar o sucesso de estratégias de intervenção que visem ganhos à saúde dessa população. Recentemente, pesquisas têm analisado a relação desses comportamentos com diversos desfechos de saúde, dentre eles a função executiva (FE). A FE é um dos componentes da função cognitiva e está relacionada às respostas, sobretudo motoras, que o indivíduo fornece a um novo estímulo. Quando analisados individualmente ou simultaneamente, o papel desses comportamentos sobre a FE parece ser evidente em crianças, adolescentes, adultos e idosos. No entanto, em pré-escolares, os resultados são ainda escassos e inconclusivos. Assim, o objetivo dessa tese foi analisar as associações entre os comportamentos de movimento e a FE em pré-escolares de baixo nível socioeconômico. Para isto, foram avaliados 142 pré-escolares, entre três e cinco anos, matriculados nos Centros de Referência de Educação Infantil da cidade de João Pessoa. Os dados coletados foram: a) AF por meio de acelerômetro; b) CS por meio de acelerômetro; c) tempo de tela por meio de entrevista com os pais ou responsáveis; d) sono por entrevista face a face com pais ou responsáveis; e) FE pela bateria Early Years Toolbox; f) aptidão cardiorrespiratória por meio do teste de *Shuttle Run* de 20m; g) medidas antropométricas (peso e estatura); h) dados sociodemográficos (idade, sexo e renda) por meio de entrevista com os pais/responsáveis. As análises estatísticas utilizadas foram técnicas de *Machine Learnig (Network analisys)*, métodos de equações estruturais por meio regressões multivariadas e análises composicionais. Para responder os objetivos da presente tese doutoral, cinco estudos foram realizados. Os resultados dos estudos apresentaram que a FE dos pré-escolares se associou positivamente com a AF moderada a vigorosa e com o sono, e negativamente com o CS no final de semana. Observou-se ainda que os três comportamentos conjuntamente têm um maior poder preditivo na FE do que quando analisados individualmente, e que substituições teóricas do tempo de sono e de AF leve por AF moderada a vigorosa podem melhorar a FE

dos pré-escolares. Em relação às combinações, os resultados demonstraram que a adesão combinada aos comportamentos de AF e sono, bem como tempo de tela e sono, são as variáveis mais importantes dentro de um sistema de redes complexas para produzir ganhos na FE das crianças. Os resultados desta tese doutoral suportam a hipótese de que um estilo de vida saudável, com mais tempo em AF, tempo reduzido em CS e tempo de sono adequados são essenciais para ganhos na FE de pré-escolares de baixa renda, inclusive como forma de atenuar os efeitos deletérios de ambientes adversos à FE nessa fase da vida. Os resultados sugerem ainda que intervenções neste sentido devem focar na melhoria da adesão combinada às recomendações de AF e de sono, além de atenção especial ao tipo de CS realizado pela criança em diferentes contextos.

**Palavras-chaves:** comportamentos de movimento; função executiva; pré-escolares

## **ABSTRACT**

Throughout the of day, the human being is in a continuum of movement behaviors: sleep, sedentary behavior (SB), and physical activity (PA) in all its intensities. Analyzing such behaviors in early childhood can provide subsidies to maximize the success of intervention strategies aimed at health gains for this population. Recently research has analyzed the relationship of these behaviors with several health outcomes, among them the executive function (EF). EF is one of the components of cognitive function related to the responses, especially motor, that the individual provides to a new stimulus. When analyzed individually or simultaneously, these behaviors' role on EF seems to be evident in children, adolescents, adults, and the elderly. However, in preschoolers, the results are still scarce and inconclusive. Thus, this study aimed to analyze the associations between movement behaviors and EF in low socioeconomic status preschoolers. For this, 142 preschoolers, between three and five years old, enrolled at the Child Education Reference Centers in the city of João Pessoa, were evaluated. The data collected were: a) PA using an accelerometer; b) SB utilizing an accelerometer; c) screen time through interviews with parents or guardians; d) sleep by face-to-face interview with parents or guardians; e) EF by the Early Years Toolbox battery; f) cardiorespiratory fitness through the 20m Shuttle Run test; g) anthropometric measurements (weight and height); h) sociodemographic data (age, sex, and income) through interviews with parents/guardians. The statistical analyzes used were Machine Learning techniques (Network analysis), structural equation methods using multivariate regressions and compositional analysis. To answer the objectives of this doctoral thesis, five studies were carried out. The studies showed that the EF of children of preschool age was positively associated with moderate to vigorous PA and sleep and negatively with SB at the weekend. It was also observed that the three behaviors together have greater predictive power in the EF than when analyzed in isolation and that theoretical substitution of sleep time and light PA for moderate to vigorous PA can improve the EF of the preschoolers. Regarding the combinations, the results showed that the combined adherence to the PA and sleep behaviors and screen time and sleep, are the most important variables within a system of complex networks for gains in the EF of children in preschool. The results of this doctoral thesis support

the hypothesis that a healthy lifestyle, with more time in PA, reduced time in SB, and adequate sleep time are essential for gains in the EF of low-income preschool children, including as a way to mitigate the deleterious effects of environments adverse to the EF at this stage of life. The results also suggest that interventions in this sense should focus on improving adherence combined with recommendations for PA and sleep, in addition to paying special attention to the type of SB performed by the child in different contexts.

**Keywords:** movement behaviours; executive function; preschoolers.

## RESUMEN

A lo largo del día, el ser humano se encuentra en un continuo de conductas de movimiento, que son el sueño, el sedentarismo (CS) y la actividad física (AF) en todas sus intensidades. El análisis de tales comportamientos en la primera infancia puede proporcionar subsidios para maximizar el éxito de las estrategias de intervención que apuntan a mejorar la salud de esta población. Recientemente, la investigación ha analizado la relación entre estos comportamientos y varios resultados de salud, incluida la función ejecutiva (FE). La FE es uno de los componentes de la función cognitiva y está relacionada con las respuestas, especialmente motoras, que el individuo a un nuevo estímulo. Cuando se analizan de forma individual o simultánea, el papel de estos comportamientos en las FE parece ser evidente en niños, adolescentes, adultos y ancianos. Sin embargo, en preescolares los resultados aún son escasos y no concluyentes. Así, el objetivo de esta tesis fue analizar las asociaciones entre conductas de movimiento y FE en preescolares de nivel socioeconómico bajo. Para ello, fueron evaluados 142 preescolares, entre tres y cinco años, matriculados en los Centros de Referencia para la Educación Infantil del municipio de João Pessoa. Los datos recolectados fueron: a) PA usando un acelerómetro; b) CS a través de acelerómetro; c) tiempo de pantalla a través de entrevistas con padres o tutores; d) dormir por entrevista cara a cara con los padres o tutores; e) FE por la batería Early Years Toolbox; f) aptitud cardiorrespiratoria a través de la prueba de 20m Shuttle Run; g) medidas antropométricas (peso y talla); h) datos sociodemográficos (edad, sexo y renta) a través de entrevistas a padres/tutores. Los análisis estadísticos utilizados fueron técnicas de Machine Learning (Network analysis), métodos de ecuaciones estructurales a través de regresiones multivariadas y análisis composicionales. Para dar respuesta a los objetivos de esta tesis doctoral se han llevado a cabo cinco estudios. Los resultados de los estudios mostraron que la FE de los preescolares se asoció positivamente con la AF y el sueño moderados a vigorosos, y negativamente con la SC en el fin de semana. También se observó que las tres conductas juntas tienen un mayor poder predictivo en la FE que cuando se analizan individualmente, y que las sustituciones teóricas del tiempo de sueño y la AF ligera por la AF moderada a vigorosa pueden mejorar la FE de

los preescolares. Con respecto a las combinaciones, los resultados mostraron que la adherencia combinada a la AF y los comportamientos del sueño, así como el tiempo frente a la pantalla y el sueño son las variables más importantes dentro de un sistema de redes complejas para las ganancias en la FE de los niños. Los resultados de esta tesis doctoral respaldan la hipótesis de que un estilo de vida saludable, con más tiempo en AF, menor tiempo en SC y adecuado tiempo de sueño son esenciales para el aumento de las FE de los preescolares de bajos ingresos, incluso como una forma de mitigar los efectos nocivos de la ambientes adversos en EF en esta etapa de la vida. Los resultados también sugieren que las intervenciones en este sentido deberían centrarse en mejorar la adherencia combinada con las recomendaciones de AF y sueño, además de prestar especial atención al tipo de SC que realiza el niño en los diferentes contextos.

**Palabras clave:** conductas de movimiento; función ejecutiva; preescolares

## Sumário

|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Introdução geral.....                                                                                                                | 18  |
| 1.1 Objetivo geral.....                                                                                                                 | 21  |
| 1.1.1 Objetivos específicos .....                                                                                                       | 21  |
| 1.2 Estrutura da tese .....                                                                                                             | 23  |
| 2. Referencial teórico.....                                                                                                             | 25  |
| 2.1 Função executiva: conceitos, mensurações e implicações.....                                                                         | 25  |
| 2.2.1 Atividade física e função executiva.....                                                                                          | 35  |
| 2.2.2 Comportamento sedentário e função executiva.....                                                                                  | 41  |
| 2.2.3 Sono e Função executiva .....                                                                                                     | 43  |
| 2.2.4 Composição dos comportamentos de movimento e Função executiva em pré-escolares. ....                                              | 44  |
| 3. MÉTODOS .....                                                                                                                        | 48  |
| 3.1 Caracterização da pesquisa.....                                                                                                     | 48  |
| 3.2 População e amostra .....                                                                                                           | 48  |
| 3.3 Variáveis, instrumentos e mensuração .....                                                                                          | 50  |
| 3.3.1 Dados sócio demográficos.....                                                                                                     | 50  |
| 3.3.2 Comportamentos de movimento.....                                                                                                  | 50  |
| 3.3.3 Função executiva.....                                                                                                             | 52  |
| 3.3.6 Aptidão cardiorrespiratória.....                                                                                                  | 53  |
| 3.3.7 Medidas antropométricas.....                                                                                                      | 53  |
| 3.4 Procedimentos e desenho do estudo.....                                                                                              | 54  |
| 3.5 Tratamento dos dados e análise estatística.....                                                                                     | 54  |
| 3.6 Aspectos éticos .....                                                                                                               | 58  |
| 4. Resultados .....                                                                                                                     | 60  |
| Relação entre atividade física, função executiva e correlatos associados em pré-escolares de baixa renda: uma perspectiva de rede ..... | 62  |
| Associação entre comportamento sedentário dentro e fora da pré-escola e função executiva em pré-escolares.....                          | 78  |
| Associação entre sono e função executiva em crianças pré-escolares .....                                                                | 91  |
| Comportamento do movimento de 24 horas e função executiva em pré-escolares: uma análise composicional e de realocação isotemporal.....  | 103 |

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Adesão combinada aos comportamentos de movimento e a função executiva em pré-escolares: um olhar sobre as variáveis mais influentes em um sistema de redes ..... | 123 |
| Considerações Finais .....                                                                                                                                       | 138 |
| Referências .....                                                                                                                                                | 142 |
| Anexo.....                                                                                                                                                       | 160 |

# **1. Introdução Geral**

## 1. Introdução geral

Ao longo das 24 horas do dia, o ser humano encontra-se em um *continuum* de comportamentos de movimento: sono, comportamento sedentário (CS), atividade física leve (AFL) e atividade física moderada a vigorosa (AFMV) (KUZIK *et al.*, 2017). Tais comportamentos, quando analisados já na primeira infância, podem fornecer importante subsídio para maximizar o sucesso de estratégias de intervenção que visem ganhos à saúde dessa população.

Estudos de prevalência têm demonstrado que uma pequena parcela da população pré-escolar (entre três e cinco anos) atende às recomendações sugeridas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2020) para os três comportamentos, quer isolada ou simultaneamente (MARTINS *et al.*, 2020b). Este retrato é extremamente preocupante, ao considerar que crianças que aderem a todas as recomendações apresentam menores índices de obesidade (CARSON; TREMBLAY; CHASTIN, 2017), maior desempenho nas habilidades motoras fundamentais (MOTA *et al.*, 2020), melhor desenvolvimento social-cognitivo (CLIFF *et al.*, 2017) e maior função cognitiva global (WALSH *et al.*, 2018).

Entende-se por função cognitiva um conjunto de habilidades necessárias para o processamento da informação, tais como percepção, aprendizagem, memória, raciocínio e resolução de problemas (TIMO; ISTO, 1998), sendo estas três últimas habilidades componentes da função executiva (FE). A FE corresponde a uma série de processos cognitivos, compostos por três habilidades centrais (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva), responsáveis por planejar e resolver problemas (DIAMOND, 2013), que têm como base o córtex pré-frontal, considerado a base das funções cognitivas de ordem superior (FUSTER, 2015). Durante a primeira infância, o córtex pré-frontal está em fase de maturação, sendo este processo associado a melhorias em tarefas específicas da FE (FUSTER, 2015).

Ao longo da infância, a FE se relaciona ao sucesso escolar bem mais do que o Quociente de Inteligência (QI), índice comumente utilizado para analisar o nível de inteligência do indivíduo (ALLOWAY; ALLOWAY, 2010). Nesta direção, pesquisas têm sido realizadas afim de identificar os fatores preditores da FE,

uma vez que ela parece ser facilmente influenciada por fatores ambientais, como as relações parentais (WALKER; MACPHEE, 2011), situação de vulnerabilidade social (SEKTNAN *et al.*, 2010) e baixo nível socioeconômico (BLAIR; RAVEN, 2012; LAWSON; HOOK; FARAH, 2017), além de fatores comportamentais, como atividade física (AF) (MCNEILL, J. *et al.*, 2020), CS (JUSIENÉ *et al.*, 2020) e sono (CREMONE; MCDERMOTT; SPENCER, 2017).

Diferentes estudos têm associado a AF à FE (DONNELLY *et al.*, 2016), devido à influência positiva do exercício físico sobre a angiogênese, sinaptogênese e neurogênese, além da regulação de uma série de fatores neurotróficos (VAYNMAN; GOMEZ-PINILLA, 2006). Adicionalmente, a AF promove ganhos na aptidão cardiorrespiratória (ACR), associada ao maior volume cerebral, velocidade no processamento da informação e maior cognição (ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2017; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008; NIETO-LÓPEZ *et al.*, 2020).

Apesar de haver um corpo de evidências relativamente à associação positiva entre AF e FE em pré-escolares, ainda é incipiente afirmar com exatidão a força dessa associação, especialmente em pré-escolares com baixo nível socioeconômico, uma vez que os estudos de intervenção são limitados (TANDON *et al.*, 2018; WEN *et al.*, 2018; XIONG; LI; TAO, 2017) e os estudos transversais apresentam resultados divergentes (PATE *et al.*, 2019), ausência de associação (COOK *et al.*, 2019) ou ainda, associação negativa (AGGIO *et al.*, 2016). Adicionalmente, estudos que analisaram a relação entre AF, ACR, índice de massa corporal (IMC) e FE em crianças são inconclusivos (TANDON *et al.*, 2018; WEN *et al.*, 2018) e desconsideraram fatores sociais e demográficos em suas análises.

De fato, a mielinização dos tratos de substância branca e consequentemente, a eficiência da condução do sinal elétrico no sistema nervoso são sensíveis ao ambiente em que a criança está exposta (FORBES; GALLO, 2017). Considerando que o CS é cada dia mais comum no cotidiano de pré-escolares, é possível especular que longos períodos em CS possam ter um impacto negativo na FE infantil. Por outro lado, o tipo de tarefa sedentária realizada pode determinar a direção dessa relação (CARSON *et al.*, 2015), já

que atividades educacionais realizadas em CS podem influenciar positivamente a FE, devido ao processo de aprendizagem envolvido (CARSON *et al.*, 2015). As evidências sobre a relação entre CS e FE na primeira infância são fracas e de baixa qualidade (CARSON *et al.*, 2015) e até onde se tem conhecimento, não há estudos que tenham analisado a qualidade do CS e sua relação com a FE em pré-escolares, considerando, por exemplo, o tempo despendido em CS dentro de um ambiente formal de aprendizagem como a pré-escola e fora dela.

Por fim, o sono pode ser outro comportamento a afetar regiões cerebrais envolvidas nos processos de cognição (CHEE *et al.*, 2008; KILLGORE, 2010). Em escolares, a privação de sono parece estar associada à velocidade de processamento da informação e à plasticidade neural (KURTH *et al.*, 2016). Adicionalmente, distúrbios do sono persistentes desde a tenra idade estão associados a um menor volume global do cérebro e menores volumes de matéria cinzenta no córtex pré-frontal (DUTIL *et al.*, 2018). No entanto, em pré-escolares, uma recente revisão sistemática reportou que a relação entre cognição (avaliada através de medidas relacionadas a memória e vocabulário) e sono apresenta resultados negativos, ou mesmo ausência de associação. Deste modo, resultados acerca da associação entre sono e medidas de FE são inconsistentes nesta população (REYNAUD *et al.*, 2018).

Neste sentido, é plausível especular que os benefícios à saúde advindos de cada um dos comportamentos isoladamente podem ser otimizados quando todos os comportamentos são considerados em simultâneo (CHAPUT *et al.*, 2014), já que os comportamentos de movimento são co-dependentes e formam uma composição que acontece dentro de um tempo fixo de 24 horas (CHASTIN *et al.*, 2015; PEDISIC, 2014). No entanto, não se tem conhecimento sobre a relação entre comportamentos de movimento e FE, nem tampouco sobre como a substituição do tempo despendido em um determinado comportamento em detrimento de outro pode afetar a FE de crianças em idade pré-escolar. Importante ainda considerar que uma parcela ínfima dos pré-escolares em todo o mundo atende às três recomendações simultaneamente (CHAPUT *et al.*, 2017a; CLIFF *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2020b). Neste sentido, entender como a aderência às recomendações de possíveis combinações de comportamentos (por exemplo AF + sono, CS + AF, sono + CS, ou mesmo às

três combinações em conjunto) se associam com a FE em pré-escolares parece ser um ponto chave para o direcionamento de estratégias efetivas de intervenção, especialmente ao considerar que comportamentos de movimento, FE e fatores ambientais e socioculturais associados acontecem sinérgica e dinamicamente em um mesmo organismo.

Para responder às problemáticas acima referidas, esta tese foi composta por cinco artigos originais que tentarão preencher as seguintes lacunas observadas na literatura: a) qual o sentido e a força da relação entre AF e FE, considerando determinantes de ordem social e biológica?; b) há associação entre diferentes tipos de CS, especialmente aquele desempenhado dentro e fora da pré-escola e a FE?; c) qual o sentido e a força da associação entre sono e FE?; d) a composição dos diferentes comportamentos de movimento se associa à FE?; e) como a aderência às recomendações de possíveis combinações de comportamentos de movimento se associa à FE de pré-escolares?.

### **1.1 Objetivo geral**

Analisar as associações entre os comportamentos de movimento, correlatos sociais e a função executiva em pré-escolares de baixo nível socioeconômico.

#### **1.1.1 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos e suas respectivas hipóteses são apresentados no quadro 1, e contemplados em artigos originais que compõem este trabalho.

| Objetivos                                                                                                                                                                                                                          | Hipóteses                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verificar as relações entre fatores biológicos, ambientais, AF e FE em pré-escolares.                                                                                                                                              | Ao considerar fatores ambientais e biológicos, a AF se associa positivamente com a FE dos pré-escolares.                                                                                                                                                       |
| Analisar a associação entre o CS despendido dentro e fora da pré-escola e a FE em crianças pré-escolares.                                                                                                                          | A FE se associa positivamente com o CS despendido dentro da pré-escola e negativamente com aquele despendido fora da pré-escola.                                                                                                                               |
| Analisar a associação entre sono e FE em crianças pré-escolares.                                                                                                                                                                   | O sono se associa positivamente com indicadores de FE em pré-escolares.                                                                                                                                                                                        |
| a) Analisar a associação entre a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas e a FE de pré-escolares; b) investigar as mudanças teóricas na FE quando diferentes tempos nos comportamentos de movimento são realocados. | A composição dos comportamentos de 24 horas está mais fortemente associada à FE do que os comportamentos isolados. A substituição do tempo despendido em diferentes comportamentos por mais tempo em AFMV se associa positivamente com a FE dos pré-escolares. |
| Identificar as variáveis mais influentes na rede de associações entre adesão aos comportamentos de movimento em simultâneo e FE de crianças pré-escolares, a partir de uma visão sistêmica complexa.                               | As combinações de comportamentos de movimento se associam de forma diferente com a FE e para que ganhos sejam mais rapidamente alcançadas nesse desfecho algum desses comportamentos deve emergir como a variável mais sensível dessa rede de relações.        |

Quadro 1. Objetivos específicos e hipóteses adotadas para o estudo.

## **1.2 Estrutura da tese**

Esta tese será apresentada no modelo alternativo de acordo com a norma 2002/2015 do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB, que dispõe sobre o exame de qualificação, pré-banca e defesa. Desta forma, a seção de Resultados será apresentada em cinco artigos, como apresentados nos objetivos específicos.

## **2. Referencial teórico**

## **2. Referencial teórico**

Para discutir os temas abordados na presente tese optou-se por dividir o referencial teórico em tópicos. O primeiro tópico apresenta conceitos, medidas e implicações da função executiva na primeira infância. A partir do segundo tópico, buscou-se apresentar a relação entre cada comportamento de movimento e a função executiva, bem como o atual estado da arte. Por fim, recorreu-se aos conhecimentos até então produzidos acerca das combinações dos comportamentos de movimento e suas relações com a função executiva em pré-escolares.

### **2.1 Função executiva: conceitos, mensurações e implicações**

Existe na literatura uma variedade de conceitos relativos à FE, de tal maneira que a ausência de consenso é uma constante nos estudos existentes (BARKLEY, 2012), sendo os termos função cognitiva e desempenho cognitivo, por exemplo, utilizados para se referir à FE (AGGIO *et al.*, 2016; HJORTH *et al.*, 2016). Apesar de utilizados indistintamente, FE é apenas uma parte do conjunto de habilidades que compõem a função cognitiva ou cognição. Dessa maneira, cognição é um conjunto de habilidades necessárias para o processamento da informação, tais como, percepção, aprendizagem, memória, raciocínio e resolução de problemas (TIMO; ISTO, 1998).

A falta de consenso conceitual ocorre, em parte, em decorrência dos diversos modelos conceituais adotados para se referir à FE. A escolha do modelo conceitual serve de base para a escolha dos instrumentos de avaliação e para a interpretação dos resultados alcançados (ANDERSON; REIDY, 2012). Dessa forma, os primeiros conceitos de FE eram baseados em modelos unitários, como o "Executivo Central" (BADDELEY, 1986) ou o "Sistema de Ativação de Supervisão" (NORMAN; SHALLICE, 1986). No entanto, a partir da década de 1990, foi demonstrado que uma única unidade modular é muito simplista para descrever um construto composto por componentes distintos, mas inter-relacionados (BADDELEY, 1998; PARKIN, 1998). Em seu estudo analítico de fator de medidas da FE, comumente administradas em adultos jovens, Miyake *et al.* (2000) identificaram três fatores principais - inibição, memória de trabalho e deslocamento que compunham a FE.

Partindo deste pressuposto de multiplicidade dos componentes da FE, uma definição bem documentada na literatura científica apresenta a FE como sendo uma variedade de processos cognitivos responsáveis por organizar e coordenar respostas para a realização de tarefas mais complexas que não são habitualmente realizadas (BELL; CUEVAS, 2016). Esquemáticamente, esse modelo poderia ser sintetizado em habilidades de “perceber, pensar e responder”. Porém, em adultos, a maior parte do dia é composta por atividades rotineiras, realizadas automática e espontaneamente, o que leva ao questionamento acerca da utilização de processos cognitivos complexos para a sua realização (KOZIOL; LUTZ, 2013). Neste sentido, Koziol e Lutz (2013) propõem que as FEs evoluíram a partir do desenvolvimento sensório-motor, que apresentam como foco o controle da ação e não o ato de pensar. Dessa forma, pequenas mudanças na rotina e novos procedimentos podem ser rapidamente automatizados, sem a necessidade de se pensar sobre eles (KOZIOL; LUTZ, 2013).

Na tentativa de sumarizar tais conceitos e operacionalizá-los, Diamond (2013) propõe que a FE se refere à uma série de processos mentais necessários para o controle de ações normalmente intuitivas. Quando estar no automático parece ser desaconselhável. Dessa forma, Diamond (2013) propôs um modelo conceitual que considera o controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva como as principais habilidades que compõem a FE.

O controle inibitório refere-se à capacidade do indivíduo em resistir aos impulsos, as distrações e manter a atenção e o foco na tarefa que está sendo desempenhada (MOURÃO JUNIOR; MELO, 2011). É o controle inibitório que possibilita as tomadas de decisão sobre qual a melhor reação e/ou comportamento para determinada tarefa (DIAMOND, 2013). Em um estudo de desenho longitudinal, com acompanhamento de mil crianças durante 30 anos, foi observado que o baixo controle inibitório na infância foi preditor de vários desfechos de saúde na vida adulta: agregação de várias anormalidades metabólicas, infecções sexualmente transmissíveis, problema periodontais, maior dependência do cigarro e outras drogas ilícitas. Entre outros problemas de ordem sociais, baixa renda, problemas com crédito financeiro, menor status socioeconômico, filhos de pais solteiros e/ou separados e ainda envolvimento

em crimes (MOFFITT *et al.*, 2011). O próprio conceito adotado pelos autores explica tais resultados, já que tratam controle inibitório como autocontrole, impulsividade, hiperatividade, falta de atenção, dentre outros.

Outra habilidade da FE, refere-se à memória de trabalho, que pode ser definida como um sistema que mantém as informações na mente para a realização de uma tarefa complexa. À memória de trabalho compreende a função de armazenamento e tratamento temporário das informações (KENT, 2016). Problemas na memória de trabalho estão relacionados aos processos degenerativos da idade ou a desordens mentais em pessoas mais jovens (CHAI; ABD HAMID; ABDULLAH, 2018). Em pré-adolescentes saudáveis, observou-se que a força muscular apresenta associação com a memória de trabalho (KAO *et al.*, 2017).

A flexibilidade cognitiva tem sua base nas outras habilidades anteriormente mencionadas, mas exige um maior processo de maturação cerebral (DIAMOND, 2013). Esta habilidade permite escolher qual a melhor resposta para determinada tarefa, e é por meio dela que os seres vivos se adaptam às demandas do ambiente para sua sobrevivência (POWELL; RAGOZZINO, 2017). Em crianças, maiores níveis de flexibilidade cognitiva estão associados a melhores desempenhos em habilidades de leitura e matemática (ENGEL DE ABREU *et al.*, 2014). Em adultos, ao maior potencial criativo, maior resiliência e capacidade de resistir a eventos negativos da vida, e ainda com menores níveis de estresse (CHEN *et al.*, 2014; GENET; SIEMER, 2011). Em idosos, observa-se associação positiva entre flexibilidade cognitiva e qualidade de vida (DAVIS *et al.*, 2010).

Embora apresentem conceitos e funções diferentes, as habilidades pertencentes à FE não agem de forma isolada. Não há na literatura evidência que trate de tarefas nas quais o controle inibitório tenha sido acionado isoladamente e uma vez que compartilham processos comuns, eles não são completamente dissociáveis (DIAMOND, 2013). Visto que o primeiro pico de maturação cerebral é alcançado aos sete anos, acredita-se que na primeira infância esses componentes estejam fortemente relacionados à inibição no nível representacional e / ou na manutenção de objetivos (MIYAKE *et al.*, 2000). Um

estudo de análise fatorial realizado por Wiebe, Espy e Charak (2008), mostrou que em pré-escolares o controle inibitório é capaz de representar a FE. Na figura 1 é possível verificar uma adaptação a um modelo pictorial que retrata a complexidade conceitual da FE e a conectividade entre as diferentes habilidades (DIAMOND, 2013).

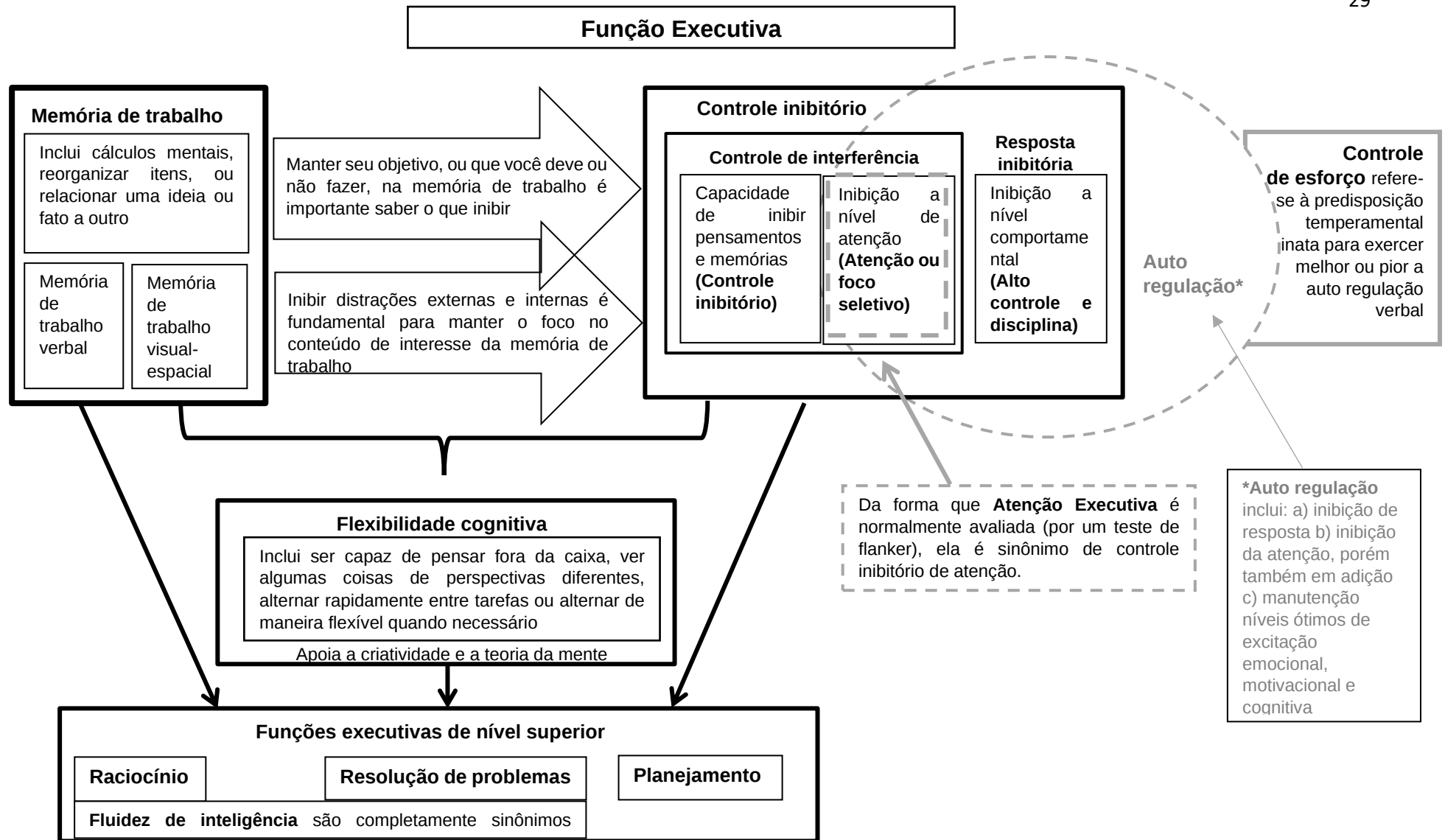


Figura 1. Componentes das Funções executivas (adaptado de Diamond, 2013).

Adicionalmente, e independente da tarefa analisada, sabe-se que o córtex pré-frontal apresenta uma alta neuroplasticidade a estímulos ambientais (DIAMOND, 2016), especialmente durante a idade pré-escolar, momento de desenvolvimento ascendente dessa região. Assim, relações parentais (WALKER; MACPHEE, 2011), famílias em situação de vulnerabilidade social (SEKTNAN *et al.*, 2010), baixo nível socioeconômico (BLAIR; RAVEN, 2012; LAWSON; HOOK; FARAH, 2017) e baixa renda familiar (LENGUA *et al.*, 2014; RAVEN; BLAIR; WILLOUGHBY, 2013) têm apresentado associações com a FE de crianças, de tal forma que a coerção exagerada dos pais, baixo status socioeconômico, menor grau de escolaridade da mãe, menor renda familiar e pertencer à uma minoria étnica, podem ser influenciadores de uma baixa FE.

Além dos fatores ambientais, fatores comportamentais como AF, CS e sono também parecem estar relacionados à FE. Quando analisados isoladamente, estudos transversais sugerem uma associação positiva entre AF e FE na primeira infância (WILLOUGHBY; WYLIE; CATELLIER, 2018), já que a AF apresenta importante papel na angiogênese, sinaptogênese, neurogênese e na regulação de uma série de fatores neurotróficos (KHAN; HILLMAN, 2014). Além disso, durante o sono, mecanismos fisiológicos, como os processos de compensação sináptica, podem melhorar a neuroplasticidade, fenômeno essencial para consolidar as habilidades de memória (TONONI; CIRELLI, 2014), um dos componentes da FE. Por outro lado, o CS afeta negativamente a substância branca do cérebro, que está relacionada aos processos cognitivos (HUTTON *et al.*, 2020).

Paralelamente, a obesidade, resultado de comportamentos de risco à saúde, como a inatividade física, o sedentarismo, sono e alimentação inadequados, é também associada à FE em crianças (BUSTAMANTE; WILLIAMS; DAVIS, 2016). Um alto Índice de Massa Corporal (IMC) está inversamente associado ao desenvolvimento cerebral em crianças de três a cinco anos de idade (BLAIR; KUZAWA; WILLOUGHBY, 2019). Uma possível explicação para esta relação está relacionada à troca energética entre cérebro e deposição de gordura ocorrida nessa faixa etária, que é considerada um momento de importante desenvolvimento cerebral (KUZAWA; BLAIR, 2019).

Embora estudos a respeito da cognição, FE e autorregulação sejam antigos, instrumentos capazes de avaliar a FE de forma quantitativa são relativamente novos. Em crianças em idade pré-escolar, medidas diretas, indiretas, ou por meio de ferramentas de observação são comumente utilizadas. As medidas indiretas, embora apresentem bons indicadores psicométricos, são passíveis de vieses, seja devido à memória dos cuidadores ao lembrarem de determinados comportamentos das crianças, seja por sub ou superestimação de alguns comportamentos (HONGWANISHKUL *et al.*, 2005). Por outro lado, medidas realizadas por meio de ferramentas de observação incorrem na possibilidade de serem superestimadas, especialmente em crianças que são sensíveis às observações e, portanto, modificam seu comportamento diante do avaliador (HONGWANISHKUL *et al.*, 2005).

As medidas diretas têm sido mundialmente utilizadas para diagnósticos clínicos e para fins científicos, baseadas na avaliação de três domínios: controle inibitório, flexibilidade cognitiva e definição de metas. Embora o desenvolvimento das medidas seja descrito separadamente para os domínios, estes não operam de forma independente. Funcionam dentro de um sistema cognitivo e neural integrado, que compreende os diferentes sistemas de componentes (GARON; BRYSON; SMITH, 2008). Assim, tarefas de controle inibitório são reconhecidamente usadas para representar o constructo da FE em pré-escolares (WIEBE; ESPY; CHARAK, 2008).

De acordo com Anderson e Reidy (2012), as tarefas de controle inibitório mais comumente utilizadas são:

- a) *Delay* de gratificação, considerada uma tarefa de característica *Hot* (quente), uma vez que exige da criança uma tomada de decisão que vai lhe gerar alguma consequência. No caso dessa tarefa, uma gratificação. Nesse tipo de tarefa, o tempo em que a criança consegue resistir à uma determinada “tentação” afim de receber uma posterior gratificação é analisado;
- b) Paradigmas Go / No Go, que exigem que a criança responda aos estímulos Go, e iniba os estímulos No Go;
- c) Inibição de resposta complexa, que exige da criança o aprendizado de dois conjuntos de respostas que entram em conflito com um comportamento

estabelecido ou instintivo. Uma abordagem comumente empregada são os jogos anti-imitação, como a tarefa de Toque de Mão. Nesta tarefa, a criança é instruída a bater uma vez quando o examinador tocar duas vezes ou tocar duas vezes quando o examinador tocar uma vez.

Existem ainda muitas outras tarefas de FE apropriadas para a faixa etária de três a cinco anos, a exemplo do Dimensional Change Card Sort (DCCS), Day-Night (GERSTADT; HONG; DIAMOND, 1994), Tapping (DIAMOND; TAYLOR, 1996); appearance--reality (FLAVELL; FLAVELL; GREEN, 1983), Ambiguous figures (GOPNIK; ROSATI, 2001); False Belief (PERNER; LEEKAM; WIMMER, 1987); e Go / No-Go (LIVESEY; MORGAN, 1991).

Apesar da importância da avaliação precoce do desenvolvimento cognitivo, e da ampla gama de resultados gerados a partir dos protocolos existentes, permanecem por resolver questões conceituais e metodológicas na medição das habilidades emergentes de crianças pequenas, nomeadamente a falta de clareza acerca do construto que está sendo medido.

Assim, pesquisadores frequentemente assumem que uma tarefa rotulada como medida de FE está realmente avaliando a FE porque é dependente do córtex frontal e regiões interconectadas do cérebro que se acredita servirem para auxiliar as FEs (DIAMOND, 2013). No entanto, qualquer tarefa requer múltiplas habilidades, e as crianças podem ter dificuldade com uma tarefa não por causa da habilidade que o pesquisador tinha como objetivo, mas por causa de algum outro requisito da tarefa. O córtex pré-frontal tem maturação tardia; não é impossível que regiões cerebrais em maturação precoce atendam às habilidades de FE em crianças muito pequenas (DIAMOND, 2013).

Para testar crianças rurais, especialmente aquelas de baixa renda, os testes computadorizados de FEs comumente usados, nem sempre são práticos, pois a informatização generalizada de muitas tarefas, embora eficaz para padronização e coleta de dados precisos, muitas vezes introduz artefatos de resposta sempre que as crianças não estão familiarizadas com o teclado do computador que devem navegar para responder (HOWARD; OKELY, 2015). Assim, Willoughby e colegas desenvolveram uma versão flip-book das medidas de FE, livre de requisitos tecnológicos ou elétricos (WILLOUGHBY; BLAIR, 2011;

WILLOUGHBY *et al.*, 2010). No entanto, tal instrumento apresenta desvantagens como a impossibilidade de coleta precisa do tempo de reação, diferenças entre os avaliadores no tom de voz e ritmo dos comandos, além de outros aspectos da administração de tarefas e do tempo despendido (aproximadamente 2 horas).

Os prós e contras de cada medida de FE e método de administração precisam ser cuidadosamente considerados. Estudos mostram que medidas subjetivas, a partir da observação dos cuidadores são arbitrárias se comparadas a avaliações objetivas do comportamento real das crianças (CARLSON; FAJA; BECK, 2013).

Os avanços metodológicos nos últimos anos tornam a investigação do desenvolvimento da FE e a medição desse sistema entre crianças pequenas cada vez mais viável. Assim, foi criada uma variedade de tarefas que são sensíveis ao desenvolvimento e respondem pelas habilidades linguísticas, motoras e de atenção sustentada de crianças pequenas, incluindo o DCCS (ZELAZO, 2006), as tarefas Night and Day (GERSTADT; HONG; DIAMOND, 1994), Less Is More (CARLSON, 2005) e Shape School (ESPY, 1997).

Em um estudo de validação pediátrico, por exemplo, duas medidas computadorizadas de FE (DCCS e Flanker) foram testadas em aproximadamente 85 crianças de três a seis anos de idade e foram consideradas confiáveis e válidas (ZELAZO *et al.*, 2013). Dessa forma, tais avanços metodológicos apresentam relevância clínica, pois permitem aos pesquisadores desenvolver normas para crianças com desenvolvimento típico, contra as quais possam medir desvios ou atrasos potencialmente graves (CARLSON; FAJA; BECK, 2016).

Outro instrumento bastante utilizado, do *National Institute of Health*, NIH Toolbox é um conjunto de medidas breves com o objetivo de avaliar habilidades cognitivas (por exemplo, EF, atenção, memória), emocionais (bem-estar, estresse, por exemplo), motoras (locomoção, força, dentre outras) e habilidades sensoriais (por exemplo, audição e visão) ao longo da vida. Além de sua aplicabilidade a uma variedade de projetos de pesquisa e extensa normatização de dados, a caixa de ferramentas do NIH também supera pelo menos algumas das questões de acessibilidade e custos que afetam muitas medidas comerciais

baseadas em tarefas, apesar de haver ainda margem para melhorias (Howard, 2017). Segundo Heaton *et al.* (2014), as medidas de EF do NIH Toolbox não funcionaram bem para crianças menores de quatro anos, ou para crianças menores de cinco anos de baixo nível socioeconômico, já que o nível inicial é de difícil compreensão.

Finalmente, permanecem questões sobre a precisão em capturar a capacidade das crianças na realização de tarefas que são extensões descendentes de medidas de adultos, sem considerar restrições exclusivas à avaliação de crianças pequenas (KORKMAN, 1999). Isso inclui capacidade comparativamente limitada de crianças pequenas, duração e controle do foco de atenção (BEST; MILLER; JONES, 2009), capacidade de compreender instruções de tarefas e comunicar uma resposta (HUGHES, 1998), base de conhecimento (CHI, 1978) e aumento da suscetibilidade à distração (HOWARD; JOHNSON; PASCUAL-LEONE, 2014). Dadas essas questões, há divergências em relação às medidas ideais e suas configurações (estímulos, tempo, instruções, método de resposta) para capturar aspectos importantes do desenvolvimento cognitivo (HOWARD; MELHUISH, 2017).

Contudo, a fim de sanar essas limitações, Howard e Melhuish (2017) desenvolveram a ferramenta *Early Years Toolbox* (EYT), que visa mensurar os domínios da autorregulação, FE, linguagem e medidas de desenvolvimento social em crianças de três a cinco anos de idade. Os autores tentaram garantir que todas as medidas EYT fossem: (a) apropriadas à fase de desenvolvimento relativamente à instrução, requisitos de tarefa, método de resposta; (b) sensíveis ao desenvolvimento; (c) breves ( $\leq 5$  min por tarefa); (d) envolventes, válidas e confiáveis para uso com crianças pequenas; (e) tecnologicamente dinâmicas, sem favorecer as crianças com experiência em tecnologia; (f) potencialmente aplicáveis internacionalmente (HOWARD; MELHUISH, 2017).

De fato, a FE parece ser demasiadamente complexa especialmente devido à gama de fatores que podem influenciar e modificar essa variável. No entanto, entender as possíveis associações entre estas variáveis já na primeira infância é de relevante importância, uma vez que pode afetar diversas áreas do desenvolvimento humano.

### 2.2.1 Atividade física e função executiva

Vários estudos têm associado a AF à FE (DONNELLY *et al.*, 2016), ao desenvolvimento cerebral (BATOULI; SABA, 2017), à cognição, à memória e a maiores volumes de estruturas cerebrais específicas (HILLMAN; KHAN; KAO, 2015). Possíveis mecanismos que explicam esta associação estão relacionados à influência positiva do exercício físico sobre a angiogênese, sinaptogênese e neurogênese, além da regulação de uma série de fatores neurotróficos (VAYNMAN; GOMEZ-PINILLA, 2006). Além disso, a AF promove ganhos na ACR que tem sido associada com maior volume cerebral, velocidade no processamento da informação e maior cognição (ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2017; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008; NIETO-LOPEZ *et al.*, 2020). No entanto, estudos que tenham analisado a relação entre AF e FE na primeira infância ainda são insuficientes para que se haja de fato um consenso na literatura científica acerca desse tópico.

Para analisar as evidências disponíveis sobre o tema com esta população, realizou-se uma busca pelas bases indexadoras Scopus, Pubmed e Science Direct, com os termos [(physical activity) and (executive function) and (preschool)], por títulos e resumos. Obteve-se um total de 103 artigos, dos quais 94 foram excluídos após leitura do título, resumo, ou mesmo do documento inteiro, por terem sido realizados com crianças acima de seis anos, e/ou com crianças com desenvolvimento atípico, e/ou não utilizarem medidas de AF ou FE, e/ou serem artigos de protocolos ou revisões sistemáticas, e/ou terem avaliado algum outro comportamento de movimento, como CS e/ou sono.

Neste sentido, nove artigos, sendo seis observacionais (BRYANT; DUNCAN; SCHMITT, 2020; COOK *et al.*, 2019; MCNEILL, JADE *et al.*, 2020; MCNEILL *et al.*, 2018; WILLOUGHBY; WYLIE; CATELLIER, 2018; ZYSSET *et al.*, 2018) e quatro de intervenção (TANDON *et al.*, 2018; WEN *et al.*, 2018; XIONG; LI; TAO, 2017; ZHANG *et al.*, 2020) foram sistematizados nesta revisão.

Observou-se que os estudos observacionais são oriundos de países distintos e publicados entre 2018 e 2020, com amostras que variam de 85 a 555 crianças, conforme apresentado no Quadro 2. Dentre os estudos transversais que analisaram os níveis de AF verificou-se associação inversa entre AF e pelo menos uma das habilidades da FE. No entanto, ao analisar a AF por meio da

prática de esporte, um dos estudos reportou associação positiva com a flexibilidade cognitiva (MCNEILL *et al.*, 2018) e um estudo (BRYANT; DUNCAN; SCHMITT, 2020) reportou associação positiva com todas as habilidades da FE. Destaca-se que ambos os estudos utilizaram o mesmo instrumento de medida para FE (*Early Years Toolbox*). Para os estudos longitudinais (MCNEILL, JADE *et al.*, 2020; ZYSSET *et al.*, 2018), os resultados também são controversos. Observou-se desde a ausência de predição da AF na FE de pré-escolares (ZYSSET *et al.*, 2018), à predição da AFMV na flexibilidade cognitiva, apesar da participação em esportes de lazer ter se associado negativamente ao controle inibitório (MCNEILL, JADE *et al.*, 2020).

De modo geral, dentre os estudos observacionais, observa-se uma característica em comum: nenhum deles considerou a ACR dos avaliados, variável fortemente associada às atividades de demanda cognitiva em crianças mais velhas (VOSS *et al.*, 2011). Adicionalmente, Cook *et al.*, (2019), apesar de não observarem associação entre FE e AF em pré-escolares, destacaram a associação positiva entre FE e habilidades motoras fundamentais nos avaliados. Esta associação merece destaque, uma vez que as FEs parecem desenvolver e controlar o sistema motor (KOZIOL; LUTZ, 2013).

Quadro 2. Estudos observacionais que analisaram a associação entre atividade física e função executiva em pré-escolares.

| <b>Autores</b>           | <b>Ano</b> | <b>País</b>   | <b>Amostra</b>                       | <b>Tipo de estudo</b> | <b>Resultados</b>                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bryant et al.</b>     | 2020       | USA           | 197 crianças<br>4,34 ± 0,68<br>anos  | Transversal           | A participação em esporte se associou positivamente com todas as habilidades da FE                                                                                                                              |
| <b>McNeil et al.</b>     | 2020       | Austrália     | 185 crianças<br>4,19 ± 0,64          | Longitudinal          | A AFMV foi considerada preditora da flexibilidade cognitiva, por outro lado, a participação em esportes de lazer no <i>baseline</i> foi negativamente associada com o controle inibitório no <i>follow-up</i> . |
| <b>Zysset et al.</b>     | 2018       | Suíça         | 555 crianças<br>3,9 anos             | Longitudinal          | A AF não foi considerada um preditor da FE.                                                                                                                                                                     |
| <b>Willoughby et al.</b> | 2018       | USA           | 85 crianças<br>4,4 anos              | Transversal           | A AF foi inversamente associada com a FE.                                                                                                                                                                       |
| <b>Cook et al.</b>       | 2019       | África do Sul | 129 crianças<br>50,7 ± 8,28<br>meses | Transversal           | A AF não foi associada com o controle inibitório e a flexibilidade cognitiva. No entanto foi inversamente associada com a memória de trabalho                                                                   |
| <b>McNeil et al.</b>     | 2018       | Austrália     | 247 crianças<br>4,2 anos             | Transversal           | A memória de trabalho se associou negativamente com a AFL e positivamente com a AFMV (associação muito fraca). A participação em esportes se associou positivamente com a flexibilidade cognitiva               |

Dos quatro estudos que analisaram os efeitos de intervenções com AF sobre a FE em crianças pré-escolares (quadro 3), três foram desenvolvidos na China e um nos EUA. Xiong, Li e Tao (2017), observaram que uma intervenção para melhoria das habilidades motoras fundamentais e aumento nos níveis de AF através de jogos, atividades de locomoção e futebol, com cinco sessões semanais, foi capaz de melhorar a FE de pré-escolares. No entanto, tais resultados não se replicaram no estudo de Wen *et al.*, (2018), ao analisarem o efeito de uma intervenção com treinamento no mini trampolim, com duração e número de sessões semelhantes. Adicionalmente, vale ressaltar que as atividades desenvolvidas no mini trampolim não solicitavam uma demanda cognitiva das crianças, como por exemplo, a tomada de decisão. Segundo Diamond e Ling (2016), para que haja melhoria da FE, as AFs propostas às crianças devem demandar engajamento cognitivo e melhoria das habilidades motoras.

No estudo de Zhang *et al.*, (2020), os autores analisaram o efeito agudo de um único *bout* de AF, em dois grupos distintos de acordo com o tempo diário despendido em AF ( $>$  ou  $<$  249,49 min/dia; 1 = baixo nível de AF diária; 2 = alto nível de AF diária). Os resultados indicaram que o controle inibitório foi melhor em crianças que realizaram atividades sedentárias. No entanto, há que destacar que o protocolo proposto considerou atividades com demanda cognitiva somente durante a atividade sedentária. Com protocolos semelhantes, o mesmo efeito foi observado no estudo de Tandon *et al.*, (2018).

Neste sentido, percebe-se que as pesquisas sobre as associações entre AF e FE em pré-escolares são recentes, sendo a grande maioria delas publicadas a partir de 2017. O número de pesquisadores nesta área ainda é relativamente pequeno, mas fortemente inter-relacionado e os resultados encontrados são relativos aos cinco continentes.

Assim, acredita-se que o conhecimento gerado ainda é insuficiente para que se possa evidenciar o papel da AF sobre a FE nessa fase da vida. Estudos que tentem suprir as limitações apontadas são necessários para que se possa compreender melhor este fenômeno em um momento tão importante do

desenvolvimento cerebral, sobretudo do córtex pré-frontal, responsável pela FE (FUSTER, 2015).

Quadro 3. Estudos de intervenção que analisaram os efeitos da atividade física sobre a função executiva em pré-escolares.

| <b>Autores</b>       | <b>Ano</b> | <b>País</b> | <b>Amostra</b>                                                | <b>Intervenção</b>                                                                                                       | <b>Duração</b>                                       | <b>Resultados</b>                                                                                                                                                                                    |
|----------------------|------------|-------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zhang et al.</b>  | 2020       | China       | 63 crianças<br>5,25 ± 0,52<br>anos<br><br>Cross-over<br>agudo | AFMV<br><br>Tempo em atividade sedentária<br><br>As crianças foram divididas em<br>grupos de baixo e alto nível de<br>AF | Única sessão<br><br>20 minutos                       | A flexibilidade cognitiva foi<br>significativamente maior após<br>a intervenção em ambos os<br>grupos. O controle inibitório<br>foi significativamente maior<br>para o grupo com alto nível de<br>AF |
| <b>Wen et al.</b>    | 2018       | China       | 57 crianças<br><br>(2 grupos)<br><br>3 – 5 anos               | Treinamento no mini trampolim                                                                                            | 10 semanas<br><br>5 dias/semana<br><br>20 min/sessão | Não houve modificações<br>significativas entre os grupos<br>no momento pós-intervenção                                                                                                               |
| <b>Tandon et al.</b> | 2018       | USA         | 73 crianças<br><br>4,2 anos<br><br>Cross-over<br>agudo        | Atividade física<br><br>Tempo em atividade sedentária                                                                    | Única sessão<br><br>15 minutos                       | O controle inibitório foi<br>significativamente maior após<br>o tempo em atividade<br>sedentária                                                                                                     |
| <b>Xiong et al.</b>  | 2017       | China       | 39 crianças<br><br>(2 grupos)<br><br>4,7 anos                 | Jogos, atividades de locomoção<br>e futebol (com foco em ganhos<br>nas habilidades motoras e níveis<br>de AF)            | 12 semanas<br><br>5 dias/semana<br><br>30 min/sessão | O grupo experimental<br>apresentou FE<br>significativamente maior no<br>pós-teste em comparação<br>com o grupo controle                                                                              |

### 2.2.2 Comportamento sedentário e função executiva

O CS é definido como qualquer comportamento de vigília com um gasto energético menor que 1,5 equivalentes metabólicos (METs), na posição sentada, reclinada ou deitada (TREMBLAY *et al.*, 2017). O excesso de CS tem sido apresentado na literatura como nocivo à diversos desfechos de saúde, tais como obesidade e outros indicadores de saúde cardiovascular, tanto em adultos (YOUNG DEBORAH *et al.*, 2016), quanto em crianças (POITRAS *et al.*, 2017). Por outro lado, crianças em idade pré-escolar despendem até 34% do seu dia nesse tipo de comportamento (HNATIUK *et al.*, 2014). A OMS recomenda que crianças menores de cinco anos despendam no máximo 1h de tempo de tela recreacional por dia (WHO, 2019), e as maiores de cinco anos até no máximo 2h (WHO, 2020). No entanto, com o avanço da tecnologia, as crianças despendem cada vez mais tempo em frente às telas

O excesso de CS nesta fase da vida está associado à diminuição da integridade da substância branca em regiões do cérebro que suportam a FE, tais como o tálamo frontal e pré-frontal (HUTTON *et al.*, 2020), acredita-se que isso ocorra especialmente devido à alta sensibilidade da mielinização dos tratos de substância branca aos fatores ambientais (FORBES; GALLO, 2017). Embora haja estudos que apontem para uma associação negativa entre o tempo de tela e a FE em crianças (LILLARD; LI; BOGUSZEWSKI, 2015), essa relação ainda é controversa (CARSON *et al.*, 2015). Isso porque o tipo de CS parece afetar diferentemente a FE, além disso, os estudos com desfecho de FE em pré-escolares ainda são escassos e com baixa qualidade (CARSON *et al.*, 2015).

Dessa forma, afim de entender a direção e a força das relações entre FE e CS em pré-escolares, realizou-se uma busca pelas bases indexadoras Scopus, Pubmed e Science Direct, com os termos [(sedentary OR screen time) and (executive function) and (preschool)], por títulos e resumos. Obteve-se um total de 30 artigos, sendo que 25 foram excluídos após a leitura dos títulos, resumos ou do artigo na íntegra. Os motivos das exclusões foram: crianças fora da faixa etária da presente tese; desenvolvimento atípico ou alguma enfermidade pré-estabelecida; não utilizou medidas de CS ou FE; artigos de protocolos ou revisões sistemáticas; terem avaliado algum outro comportamento de movimento, como AF e/ou sono.

Dentre os estudos encontrados, dois são de característica transversal (JUSIENÉ *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2020a), um longitudinal (MCNEILL *et al.*, 2019) e um de intervenção do tipo Cross-Over (ELLIS *et al.*, 2019).

Os estudos realizados por Jusiene *et al.*, (2020) com 190 pré-escolares da Lituânia, analisou a relação entre uso dos diversos tipos de tela (TV, computadores, *smartphones* e *tablets*) e FE. Os resultados demonstraram não haver nenhuma associação significativa entre essas variáveis. Martins *et al.*, (2020a) também analisou transversalmente a relação entre atender as recomendações relativas ao tempo de tela e FE em pré-escolares, com uma amostra de 42 crianças do Nordeste brasileiro. Nesse estudo, os pesquisadores adotaram o sistema de redes complexas para compreensão do fenômeno. Para a análise da FE foi utilizado o paradigma Go / No Go. Os resultados demonstraram que o tempo de tela apresentou associação positiva com a acurácia de Go e negativa com a acurácia de No Go.

O estudo longitudinal realizado por McNeil *et al.*, (2019) com 195 crianças australianas, com média de idade de  $4,2 \pm 0,6$  anos, analisou se o uso de telas é um preditor da FE 12 meses depois. Os resultados demonstraram não haver associação com o tempo de tela e a FE no *follow-up*. O estudo de Ellis *et al.*, (2019) com 29 crianças australianas, com média de idade  $4,7 \pm 0,5$  anos, objetivou analisar os efeitos agudos da redução do tempo sentado em crianças pré-escolares sobre a FE. Os resultados não indicaram alterações significativas em nenhuma das habilidades da FE.

Acredita-se que a divergência entre tais achados se deva a fatores metodológicos, como a técnica utilizada para mensuração quer do CS, quer da FE, principalmente porque é preciso considerar o tipo de atividade sedentária que está sendo realizada (CARSON *et al.*, 2015). A realização de jogos como quebra-cabeça ou outros que desenvolvam a aprendizagem podem promover a FE, além disso, o fato de estar em frente à tela de forma ativa ou passiva, ou seja, com pouca ou muita interação com o conteúdo exposto na tela, pode se relacionar de maneira diferente com os domínios cognitivos (NEUMANN, 2014). Apesar das evidências apresentadas, a quantidade de estudos ainda é incipiente para apontar a força e a direção de tais relações.

### 2.2.3 Sono e Função executiva

Ao nascer, o ciclo circadiano da criança ainda não é bem estabelecido. Por isso, os primeiros meses de vida são destinados à regulação fisiológica do sono de acordo com esse ciclo (WILLIAMS; ZIMMERMAN; BELL, 2013). O sono se apresenta como um importante comportamento para um estilo de vida saudável desde a infância, e já nessa fase da vida, um sono inadequado é associado com o risco de obesidade (LI *et al.*, 2017) e problemas comportamentais (NEWTON; HONAKER; REID, 2020). A OMS recomenda que crianças em idade pré-escolar devem acumular entre 10 a 13 horas de sono por dia, no entanto, um recente estudo com crianças brasileiras, demonstrou que apenas 20% das crianças atendem tal recomendação (MARTINS *et al.*, 2020b).

Os intervalos existentes nas recomendações sobre a duração do sono, implica dizer que existe uma associação em forma de “U” invertido entre a duração do sono e os resultados de saúde, com um lado do “U” representando a curta duração do sono e o outro lado representando a longa duração do sono (KNUTSON; TUREK, 2006). É cada vez mais reconhecido que os dois lados desta forma de U têm impactos diferentes na saúde (KNUTSON; TUREK, 2006). Embora o sono insuficiente seja um estressor para o metabolismo e esteja associado a resultados adversos à saúde, a duração excessivamente longa do sono pode interferir na exploração das crianças de seu ambiente físico e social e, portanto, possivelmente impedir seu desenvolvimento ideal (ALLEN *et al.*, 2016).

Dentre os desfechos de saúde afetados pelo sono, encontra-se o desenvolvimento cerebral (KURTH *et al.*, 2016). Estudos apontam que um sono inadequado é capaz de modificar estruturas específicas do cérebro que estão relacionadas ao processo de cognição, em especial o córtex pré-frontal (CHEE *et al.*, 2008) que é considerado a base para as FEs (FUSTER, 2015). Uma recente revisão sistemática de estudos com crianças e adolescentes demonstrou que a privação de sono foi associada à um menor volume global do cérebro e menores volumes da massa cinzenta no córtex pré-frontal (DUTIL *et al.*, 2018).

Estudos que tenham analisado especificamente a relação entre o sono e FE de crianças em idade pré-escolar e com desenvolvimento típico ainda são

escassos (REYNAUD *et al.*, 2018). Um levantamento dos artigos publicados e indexados nas bases Pubmed, Scopus e Science Direct, com tais características, que não tenham considerado em suas análises algum dos outros comportamentos de movimento, resultou em dois estudos. O estudo realizado por Cremone, McDermott e Spencer (2017) objetivou analisar a FE de 69 crianças (idade média de  $55,3 \pm 9,9$ ) em duas situações: após um cochilo diurno de aproximadamente duas horas, após o almoço; e em vigília no período destinado ao cochilo, apenas realizando atividades como pintar e ler livros. Os resultados encontrados demonstraram que após o cochilo as crianças apresentaram melhor acurácia no *Flanker Test*, tanto para a condição congruente quanto para a incongruente.

O estudo realizado por Kitsaras *et al.*, (2018) de característica transversal, objetivou analisar a associação entre uma boa rotina na hora de ir dormir (avaliada por meio de hábitos como escovação dos dentes, lanches antes de deitar, uso de dispositivos eletrônicos e leitura de algum livro) e a FE de crianças com idade de aproximadamente quatro anos, foram analisadas 49 crianças. Os resultados indicaram que crianças com uma boa rotina de sono apresentaram melhores resultados para memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva.

Tais resultados, embora ainda incipientes, corroboram com a ideia de haver uma relação positiva entre sono e atividade cerebral de crianças jovens, especialmente do córtex pré-frontal.

#### **2.2.4 Composição dos comportamentos de movimento e Função executiva em pré-escolares.**

Os comportamentos de movimento são co-dependentes, já que juntos, formam uma composição com um tempo fixo diário de 24 horas (CHASTIN *et al.*, 2015). Mudanças no tempo despendido em um desses comportamentos resulta necessariamente em mudanças em outros comportamentos. Tal situação, tem levado pesquisadores da área da saúde a estudarem o impacto da composição composta por AF, CS e sono na saúde da população (CHAPUT *et al.*, 2014),

acreditando que ao combinar os benefícios de cada comportamento isoladamente, os efeitos benéficos à saúde podem ser potencializados .

Ao analisar as 24h do dia, a AFMV representa apenas uma pequena proporção (<5%) do dia, mesmo entre crianças e jovens ativos. Por sua vez, sono (~ 40%), CS (~ 40%) e LPA (~ 15%) representam aproximadamente 95% do dia (CHAPUT *et al.*, 2014). Os benefícios, por exemplo, da AFMV para a saúde podem ser minimizados se as crianças tiverem hábitos de sono ruins e / ou se envolverem em CS excessivo. Por outro lado, o aumento da AF pode atenuar os efeitos prejudiciais do sono insuficiente e / ou longos períodos sentados (MÔNICO-NETO *et al.*, 2013; ZAGAAR *et al.*, 2013). Neste sentido, pesquisas sobre mudança de comportamento indicam que uma abordagem integrada, que incorpora todos os comportamentos de movimento, resultará em um impacto maior nos indicadores de saúde, quando comparadas a abordagens centradas apenas em comportamentos isolados (PROCHASKA, 2008).

Com o objetivo de apontar os estudos acerca da composição de comportamentos de movimento e FE de pré-escolares, foi realizado uma busca nas bases indexadoras Pubmed, Science Direct e Scopus, com os termos termos [(physical activity) and (sedentary OR screen time OR sleep) and (executive function) and (preschool)], [(sleep) and (sedentary OR screen time OR physical activity) and (executive function) and (preschool)], [(sedentary OR screen time) and (sleep OR physical activity) and (executive function) and (preschool)]. Foram encontrados 37 artigos. Após a leitura dos títulos, resumos e artigos na íntegra, foram excluídos artigos de revisão, repetidos, com os comportamentos individuais, artigos de métodos, com outros desfechos e/ou fora da faixa etária (3 a 5 anos), um estudo foi excluído por ter sido publicado em japonês. Assim, apenas um estudo considerou os três comportamentos integrados (MCNEILL, J. *et al.*, 2020).

O estudo longitudinal realizado por McNeil *et al.*, (2020) com crianças australianas objetivou analisar o poder preditivo da adesão às recomendações dos comportamentos de movimento de 24h sobre a FE de pré-escolares após um ano. Foram analisadas 185 crianças com idade média de  $50,4 \pm 7,2$  meses. Dentre as possíveis combinações, AF + CS + Sono, AF + CS, CS + Sono e AF

+ Sono, apenas essa última foi capaz de predizer a flexibilidade cognitiva um ano depois.

A partir do estado da arte descrito, hipotetiza-se que considerar os comportamentos de forma integrada pode se associar mais fortemente à FE dos pré-escolares do que isoladamente. Além da escassez de estudos sobre o tema, o único disponível até então foi realizado em um contexto sócio-cultural distinto, e pouco comparável à realidade brasileira, especialmente ao considerar que o desfecho principal é fortemente influenciado por aspectos culturais e ambientais.

## **3. Métodos**

### **3. MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

Este estudo é de natureza quantitativa, de caráter observacional, do tipo transversal. O mesmo faz parte do Projeto Movement's Cool, que tem como objetivo analisar as possíveis associações entre AF e diferentes indicadores de saúde em crianças de três a cinco anos matriculadas nos Centros de Referência em Educação Infantil (CREIs) da cidade de João Pessoa-PB.

O projeto teve início em 2018 e desde então, anualmente tem avaliado nível de AF, medidas antropométricas, aptidão física, habilidades motoras fundamentais, e mais recentemente em 2019 e 2020 acrescentou às medidas avaliadas, pressão arterial, variabilidade da frequência cardíaca, medidas do ambiente construído do CREI e do bairro e FE. Já foram avaliadas aproximadamente 400 crianças.

#### **3.2 População e amostra**

A cidade de João de Pessoa é a capital do estado da Paraíba, situada no litoral do Nordeste brasileiro. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada da capital no ano de 2019 era de aproximadamente 809.015 pessoas. Dados do último censo indicam que o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal é de 0,763 (IBGE, 2011).

A rede pública de ensino do município de João Pessoa está subdividida em nove polos educacionais, geograficamente localizados no sentido de abranger os locais de maior densidade populacional. Este estudo teve como cenário os Centros de Referências em Educação Infantil – (CREIs), localizados em três polos educacionais da cidade (figura 1).

Os CREIs funcionam em horário integral, as crianças entram às 7 horas e saem às 17 horas. Nesse período elas fazem três refeições (café da manhã, almoço e lanche da tarde), têm um cochilo no período da tarde, após o almoço e tomam dois banhos. A faixa etária atendida pelos CREIs é de 6 meses de idade até 6 anos incompletos.

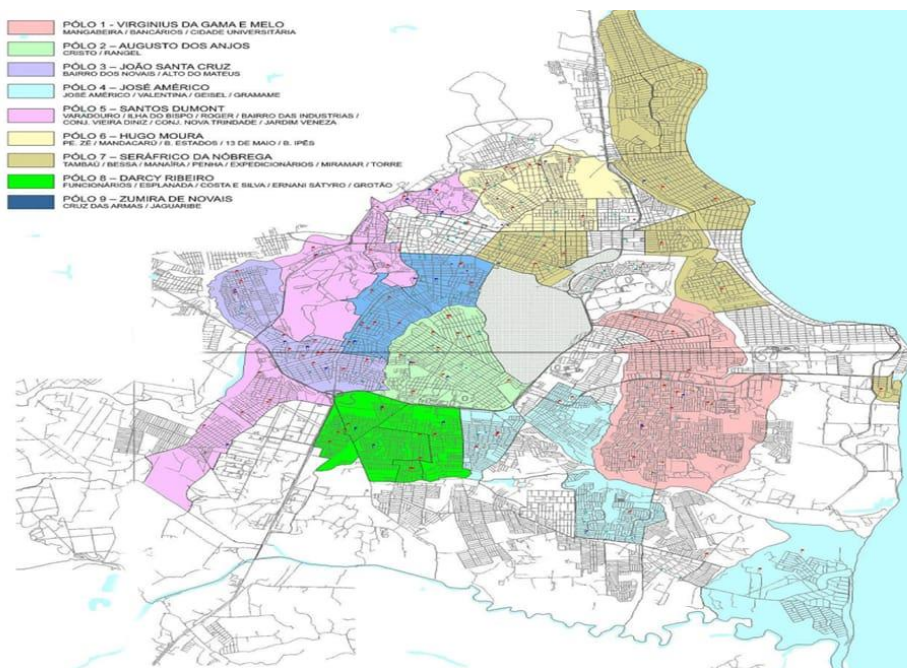


Figura 2. Mapa da cidade de João Pessoa dividido por Pólos.

Para a realização deste estudo foi considerada uma lista onde constavam todos os CREIs do município, fornecida pela Secretaria de Educação e Cultura da Prefeitura de João Pessoa-PB, e que totalizava 90 instituições de ensino no mês de fevereiro de 2019. Para efeitos de pesquisa foram considerados, do total de 90 estabelecimentos de ensino, apenas os CREIs que apresentassem turmas de Maternal II, Pré I e Pré II, correspondentes às crianças de três, quatro e cinco anos, respectivamente. Assim, foram elencados 55 CREIs, que totalizam uma população de 4475 crianças de 3 a 5 anos de idade matriculadas.

Para a realização do processo de amostragem por conglomerados em estágio único, foi utilizado o *Software* estatístico *EpiInfo* (versão 7.0), considerando os seguintes parâmetros: a) população de 4475 crianças entre três e cinco anos; b) frequência esperada de 50%; c) erro de 5%; d) *deff* de 1,0; e) nível de confiança de 95%. Adicionalmente, visando atenuar as limitações impostas por eventuais perdas nos procedimentos de coleta (recusas), acrescentou-se 30% ao tamanho para possíveis perdas ou recusas. Assim o plano amostral foi elaborado com a intenção de se alcançar uma amostra de 460 estudantes. Considerando o número de matrículas por Polo e sua representatividade dentro da população total (4475 crianças), verificou-se que a amostra para cada Polo variava de sete crianças à 71 crianças, dessa forma,

afim de garantir representatividade em cada Polo, optou-se por sortear um CREI por Polo.

Todas as crianças entre três e cinco anos de idade foram convidadas a participar do estudo. No entanto, foram excluídas das avaliações aquelas cujos pais não autorizaram a participação na pesquisa ou apresentaram alguma deficiência física ou mental que comprometesse os resultados dos desfechos do estudo.

Devido a Pandemia do Covid-19 não foi possível coletar dados em todos os CREIs previamente planejados, dessa forma foram avaliados três CREIs.

### **3.3 Variáveis, instrumentos e mensuração**

#### **3.3.1 Dados sócio demográficos**

Os dados sócios demográficos coletados foram: data de nascimento, sexo, renda familiar, escolaridade dos pais, cuidador primário da criança, quantidade de irmãos, quantidade de crianças e adultos que moram na casa e disponibilidade dos pais para brincarem com as crianças, obtidos por meio de entrevista com os pais. Foi solicitado na Secretaria Municipal de Planejamento Urbano da cidade de João Pessoa, dados referentes ao IDH de cada bairro onde estão inseridos os CREIs que foram avaliados.

#### **3.3.2 Comportamentos de movimento**

A AF foi avaliada por meio do acelerômetro Actgraph®, modelo wGT3x. O acelerômetro foi utilizado na cintura da criança por um período de oito dias. Para validação dos dados foram considerados pelo menos três dias de uso, por no mínimo oito horas diárias. Dos dias de uso, no mínimo dois foram em dias de semana e no mínimo um no final de semana (REILLY *et al.*, 2004). Sessenta minutos de zeros consecutivos foram considerados tempo de não uso e foram excluídos do cálculo de tempo total de uso. Este procedimento já foi utilizado anteriormente em estudo semelhante (ANDERSEN *et al.*, 2017).

A redução dos dados foi realizada por meio do *software Actlife*, versão 6.11.7. Os dados foram descarregados em *epochs* de 15 segundos e importados para o *software Microsoft Excel* para processamento adicional.

Para mensurar a AF em diferentes intensidades foram utilizados os pontos de corte estabelecidos por Butte e colaboradores (2014), derivados do vetor magnitude, que é a média resultante do movimento nos três eixos do acelerômetro. O cálculo é o resultado da raiz quadrada da soma aritmética dos três eixos elevados ao quadrado (SASAKI; SILVA; GONÇALVES, 2018). De acordo com esse ponto de corte, a AFL foi definida com os valores de 820 a 3907 *counts/min*, a atividade física moderada (AFM) entre 3908 e 6111 *counts/min* e qualquer valor acima de 6112 *counts/min* foi considerado atividade física vigorosa (AFV). Para o tempo despendido em cada uma das intensidades de AF na semana e no final de semana, foi realizada a média ponderada. Para fins de análise foi considerado o tempo em minutos de AF.

Para o CS foram utilizadas duas medidas, uma por acelerometria que seguiu o mesmo protocolo da atividade física, adotou-se como ponto de corte valores abaixo de 820 *counts/min*. A outra medida utilizada referiu-se ao tempo de tela. Para essa medida os pais foram solicitados a relembrar a duração média total que seus filhos assistiam TV, usavam computador, smartphones e videogames. As perguntas foram feitas separadamente para dias de semana e dias de fim de semana e reunidas para análises ( $\alpha$  de Cronbach = 0,87). As perguntas foram as seguintes: “Quantas horas durante um dia da semana seu filho costuma assistir TV, usar computador, smartphones ou jogos eletrônicos?” e “Quantas horas no final de semana seu filho costuma assistir TV, usar computador, smartphone ou jogo eletrônico?”. O tempo total de tela foi calculado da seguinte forma:  $((\text{tempo de tela nos dias de semana} \times 5) + (\text{tempo de tela nos dias de fim de semana} \times 2)) / 7$ .

O tempo de sono noturno foi mensurado por meio de entrevista com os pais. Os mesmos foram solicitados a relembrar a média total de horas que seu filho dorme. Foram realizadas as seguintes perguntas: “Nos dias de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?” e “Nos finais de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?”. As perguntas foram feitas separadas para dias de semana e fins de semana e foram posteriormente mescladas para análise. As horas gerais de sono foram calculadas da seguinte forma:  $((\text{Sono nos dias de semana} \times 5) + (\text{Sono nos dias de fim de semana} \times 2)) / 7$ . Os resultados foram multiplicados por 60 para representar os minutos por dia. Esta abordagem foi validada contra estimativas

de registros de sono e actigrafia objetiva em crianças pequenas (GOODLIN-JONES *et al.*, 2008).

### 3.3.3 Função executiva

A FE foi avaliada por meio do aplicativo Early Years Toolbox – EYT (HOWARD; MELHUISH, 2017). O EYT é uma bateria de tarefas computadorizadas que foi desenvolvida para avaliar especificamente a FE de crianças de três a cinco anos de idade. A bateria consiste em cinco tarefas em que para cada uma delas foi desenvolvido um aplicativo: a) Mr. Ant: memória de trabalho visual-espacial; b) Not This: memória de trabalho fonológica; c) Go/ No Go: controle inibitório; d) Card Sorting: deslocamento e mudança; e) Expressive Vocabulary: desenvolvimento da linguagem. Todos os aplicativos são instalados em Ipad's, diretamente do Apple App Store. Os resultados são computados pelo número de acertos de cada tarefa e são enviados para um email previamente cadastro.

A bateria EYT passou pelo processo de validação convergente, tendo como instrumento de comparabilidade a bateria *National Institute of Health* (NIH Toolbox) (ZELAZO, 2013). Os resultados indicaram que as medidas do EYT se correlacionaram bem com as medidas de comparação nas tarefas de linguagem ( $r = 0,60$ ;  $p < 0,001$ ), memória de trabalho com estímulo visual-espacial ( $r = 0,46$ ;  $p < 0,001$ ) e com estímulo fonológico ( $r = 0,42$ ;  $p < 0,001$ ); controle inibitório ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,001$ ); e flexibilidade cognitiva ( $r = 0,45$ ;  $p < 0,001$ ), indicando boa validade convergente.

Após a realização de um estudo piloto com mais de 50 crianças, observou-se que para avaliar os três domínios principais da função executiva (controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho), nas condições específicas de contexto, o tempo médio gasto para cada criança seria em torno de 45 minutos, levando muitas crianças (quase 25) a desistir do protocolo. Assim, para o propósito deste estudo, a tarefa de controle inibitório foi escolhida para representar o construto da função executiva, além disso devido a imaturidade do córtex pré-frontal nessa idade, acredita-se que as tarefas da FE são

indissociáveis (DIAMOND, 2013), e estudos prévios mostram que em crianças com idade pré-escolar, o controle inibitório é capaz de representar a FE.

O controle inibitório foi avaliado por meio da tarefa de Go/No Go, onde a criança precisa tocar a tela do dispositivo sempre que o estímulo Go for apresentado e inibir o toque sempre que o estímulo No Go for apresentado. Durante a tarefa, 75 estímulos aparecem na tela do *tablet* de forma aleatória, em três fases. Entre cada fase, o objetivo da tarefa é lembrado. Para fins de análise três formas de computar os resultados foram aderidas: a) pontuação total = atribuído um ponto para cada acerto, podendo a pontuação variar entre 0 e 75 pontos. Este protocolo apresenta valores satisfatórios de confiabilidade com  $\alpha$  de Cronbach = 0,95. b) os valores médios para acurácia e tempo de reação de Go e acurácia de No Go, todos analisados separadamente; c) eficiência inversa = calculada pela razão entre o tempo de reação e a acurácia de Go.

### **3.3.6 Aptidão cardiorrespiratória**

A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada por meio do teste de Shuttle Run de 20 metros (LEGER *et al.*, 1988). O teste consiste em percorrer distâncias de 20 metros até ao esgotamento físico. O teste inicialmente proposto para crianças em idade escolar, inicia com uma velocidade média 8,5 km/h, e a cada minuto é realizado um acréscimo de 0,5 km/h. A velocidade é determinada pelo som emitido em um áudio previamente gravado.

Para o presente estudo foi utilizado o protocolo adaptado por Cadenas-Sanchez *et al.*, (2014) para crianças em idade pré-escolar. Nesta adaptação, o teste inicia a uma velocidade de 6,5 km/h. Os acréscimos de 0,5 km/h a cada minuto permanecem iguais.

### **3.3.7 Medidas antropométricas**

As medidas antropométricas mensuradas foram massa corporal e estatura e seguiram o protocolo da OMS (WHO, 1995). Para aferição da massa corporal foi utilizada uma balança digital da marca Omrom® modelo HN-289. A criança estava com roupas leves e descalças. A estatura foi aferida por meio de estadiômetro da marca Sanny® fixado à uma altura de dois metros do chão. Para realização de tal medida, as crianças foram posicionadas junto à parede, com os pés unidos, e então foi analisado o milímetro mais próximo do cimo da cabeça.

Todas as medidas foram realizadas em triplicata e o valor médio foi adotado. Este protocolo já foi utilizado em estudos com populações semelhantes e apresenta boa reprodutibilidade (SANTOS *et al.*, 2009).

### **3.4 Procedimentos e desenho do estudo**

Inicialmente foi solicitada autorização à Secretaria Municipal de Educação e Cultura do município de João Pessoa. Em seguida, o primeiro CREI sorteado foi visitado para agendamento e convite aos pais para uma reunião sobre o projeto. Na oportunidade foi solicitada a autorização para participação dos seus educandos.

Na reunião com os pais foi explicado os objetivos do projeto e procedimentos de avaliação. Os pais que autorizaram a participação de seus filhos na pesquisa assinaram o termo de Consentimento Livre e Esclarecido, passaram por uma entrevista face a face para coleta de dados sociodemográficos e ainda receberam instruções sobre o uso do acelerômetro.

Na manhã seguinte a reunião, as crianças foram avaliadas no próprio CREI. O tempo para cada CREI variou de acordo com a disponibilidade do próprio CREI em receber os avaliadores, disponibilidade da equipe avaliadora, bem como a quantidade de crianças a serem avaliadas. No entanto, se durante a permanência da equipe em cada um dos CREIs, alguma criança faltasse aos dias de avaliação, ela foi desconsiderada do estudo (perda).

A realização das avaliações foi viabilizada através da realização de um circuito, onde todos os testes físicos eram realizados, com exceção da aptidão cardiorrespiratória que foi realizada no dia subsequente, afim de garantir que nenhuma criança tenha os resultados de outros testes mascarados por fadiga física. Em um terceiro dia de avaliação as crianças realizam o teste de função executiva e recebiam o acelerômetro.

### **3.5 Tratamento dos dados e análise estatística**

O tratamento dos dados e análises estatísticas foram realizados de acordo com o objetivo determinado para cada estudo, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Operacionalização das variáveis e tratamento estatístico dos estudos realizados na tese doutoral.

| Estudo | Variável independente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Função Executiva                                                                           | Variáveis de Ajuste                                                             | Análise                                                                            |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 1) Atividade Física (% do tempo despendido em AFL, AFM, AFV e AFMV);<br>2) ACR (metros percorridos);<br>3) IMC (contínuo);<br>4) Correlatos sociais: a) nascimento - 1) nascimento a termo x 2) nascimento prematuro; b) renda familiar - 1) até um salário mínimo x 2) mais que um salário mínimo; c) presença de irmãos - 1) não x 2) sim; d) cuidadores principais da criança - 1) mãe x 2) outros; e) presença de filhos em casa - 1) apenas um x 2) dois ou mais.<br>5) Sexo: 1) masculino x 2) feminino;<br>6) Idade (meses). | 1) Acurácia de Go e No Go (contínuo: 0 a 75 pontos)                                        | Não houve                                                                       | Análise de Redes                                                                   |
| 2      | 1) CS dentro da escola (minutos/dia);<br>2) CS fora da escola (minutos/dia);<br>3) CS no final de semana (minutos/dia).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1) Acurácia de No Go (contínuo: 0 a 15 pontos);<br>2) Eficiência Inversa (tempo de reação/ | 1) Sexo: 1) masculino x 2) feminino;<br>2) Idade (meses);<br>3) IMC (contínuo); | Modelo de equação estrutural, por meio de análise de regressão linear multivariada |

|   |                                                                                                                                                             | acurácia de Go).                                                                                                | 4) AFMV (minutos/dia)                                                                   |                                                                                    |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | 1) Sono (minutos/noite)                                                                                                                                     | 1) Acurácia de No Go (contínuo: 0 a 15 pontos);<br><br>2) Eficiência Inversa (tempo de reação/ acurácia de Go). | 1) Sexo: 1) masculino x 2) feminino;<br><br>2) Idade (meses);                           | Modelo de equação estrutural, por meio de análise de regressão linear multivariada |
| 4 | 1) AFL (minutos/dia);<br>2) AFMV (minutos/dia);<br>3) CS (minutos/dia);<br>4) Sono (minutos/noite)                                                          | 1) Acurácia de Go e No Go (contínuo: 0 a 75 pontos)                                                             | 1) Sexo: 1) masculino x 2) feminino;<br><br>2) Idade (meses);<br><br>3) IMC (contínuo); | Análise composicional e isotemporal                                                |
| 5 | 1) AF: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações;<br><br>2) Tempo de tela: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações; | 1) Acurácia de No Go (contínuo: 0 a 15 pontos);<br><br>2) Eficiência Inversa (tempo de reação/                  | Não houve                                                                               | Análise de redes                                                                   |

- 
- 3) Sono: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações;
- 4) AF + Tempo de tela: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações;
- 5) AF + Sono: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações;
- 6) Tempo de tela + Sono: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações;
- 7) AF + Tempo de tela + Sono: 1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações;
- 4) Sexo: 1) masculino x 2) feminino;
- 5) Idade (meses).
- 

acurácia de  
Go).

### **3.6 Aspectos éticos**

O presente estudo foi realizado em concordância com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética e Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal da Paraíba e aprovado sob protocolo nº 4.102.806 (anexo 1). Todos os pais e/ou responsáveis foram informados sobre os objetivos do estudo, os possíveis riscos e benefícios, bem como todo o procedimento de avaliação, todos que aceitaram a participação no estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo 2).

## **4. Resultados**

#### **4. Resultados**

As respostas aos questionamentos elencados no capítulo 1 foram sistematizadas nos cinco estudos originais descritos neste capítulo, realizados com dados provenientes do projeto Movement's Cool e apresentados na seguinte ordem: 1) Relação entre atividade física, função executiva e correlatos associados em pré-escolares de baixa renda: uma perspectiva de rede; 2) Associação entre comportamento sedentário dentro e fora da pré-escola e função executiva em pré-escolares; 3) Associação entre sono e função executiva em crianças pré-escolares; 4) Comportamentos do movimento de 24 horas e função executiva em pré-escolares: uma análise composicional e de realocação isotemporal; 5) Adesão combinada aos comportamentos de movimento e função executiva em pré-escolares: um olhar sobre as variáveis mais influentes em um sistema de redes.

# Estudo 1

## **Relação entre atividade física, função executiva e correlatos associados em pré-escolares de baixa renda: uma perspectiva de rede**

### **Resumo**

A função executiva (FE) na primeira infância pode ser influenciada por correlatos biológicos, sociais e comportamentais. Este estudo investigou as relações entre FE e correlatos biológicos, sociais e comportamentais em pré-escolares por meio de uma abordagem em rede. Os dados de 142 pré-escolares foram compostos por FE e medidas biológicas (idade, índice de massa corporal, prematuridade e aptidão cardiorrespiratória), sociais (renda familiar, presença de irmãos, presença de outras crianças em casa e cuidador principal da criança), e correlatos comportamentais (níveis de atividade física). Para análise, foi utilizada a análise de rede. Os principais resultados mostraram que a FE esteve positivamente associada à idade ( $b = 0,47$ ), cuidadores primários da criança ( $b = 0,37$ ), atividade física moderada ( $b = 0,30$ ) e aptidão cardiorrespiratória ( $b = 0,25$ ), e negativamente associada com parto prematuro ( $b = -0,50$ ), atividade física vigorosa ( $b = -0,34$ ), presença de outros filhos em casa ( $b = -0,25$ ) e sexo ( $b = -0,33$ ). O presente estudo destacou o nascimento pré-termo e a atividade física moderada como as variáveis mais importantes relacionadas à FE, por meio de uma perspectiva teórica que considera as relações não lineares, simultâneas e complexas entre essas variáveis. Nessa perspectiva, intervenções que visam melhorar a FE em pré-escolares devem considerar essas variáveis em suas estratégias.

**Palavras-chave:** Função executiva; Pré-escolares; Atividade física; Aptidão cardiorrespiratória.

## Introdução

A função executiva (FE) refere-se aos processos cognitivos responsáveis pelo planejamento e resolução de tarefas complexas (BELL; CUEVAS, 2016), por meio de três habilidades centrais: memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva (DIAMOND, 2013). Durante a infância, a FE prevê melhor as habilidades de leitura e matemática do que o QI (quociente de inteligência) (ALLOWAY; ALLOWAY, 2010) e está associada ao sucesso acadêmico e pessoal na idade adulta (MOFFITT *et al.*, 2011). Além disso, o córtex pré-frontal, base do cérebro das FEs, está em maturação ascendente na primeira infância, o que pode potencializar as habilidades de FE devido a fatores comportamentais e ambientais (DIAMOND, 2013).

Diferentes estudos associaram atividade física (AF) com FE (DONNELLY *et al.*, 2016), desenvolvimento cerebral (BATOULI; SABA, 2017), melhor cognição e maior volume de estruturas cerebrais específicas (HILLMAN; KHAN; KAO, 2015). Os mecanismos subjacentes envolvidos em seu efeito benéfico sobre a função cognitiva estão ligados à angiogênese, sinaptogênese e neurogênese e à regulação de uma série de fatores neurotróficos, etc. (VAYNMAN; GOMEZ-PINILLA, 2006). Além disso, a prática regular de AF melhora a aptidão cardiorrespiratória (ACR). A ACR foi relacionada a uma maior velocidade de processamento de informação, FE, cognição e maior volume cerebral (ESTEBAN-CORNEJO *et al.*, 2017; HILLMAN; ERICKSON; KRAMER, 2008; NIETO-LÓPEZ *et al.*, 2020), e essas influências positivas foram observados mesmo em crianças obesas (RUIZ-HERMOSA *et al.*, 2020). Essa observação é importante, dados os efeitos negativos reconhecidos da obesidade no desenvolvimento (ANDERSON *et al.*, 2019; RUOTSALAINEN *et al.*, 2020; SCHEURER *et al.*, 2018).

Apesar disso, os dados que documentam a interação entre AF, ACR, índice de massa corporal (IMC) e FE na primeira infância permanecem inconclusivos em vários aspectos (TANDON *et al.*, 2018; WEN *et al.*, 2018). De acordo com Pate *et al.*, (2019) a evidência sobre a relação AF e FE é limitada e não fornece suporte suficiente para identificar uma ligação dose-resposta ou para determinar a influência dos efeitos modificadores das características

sociodemográficas (PATE *et al.*, 2019). Além disso, estudos têm mostrado uma associação isolada entre vários correlatos sociais, como relações parentais (WALKER; MACPHEE, 2011), vulnerabilidade social (SEKTNAN *et al.*, 2010), baixo nível socioeconômico (LAWSON; HOOK; FARAH, 2017), crianças prematuras (LINSELL *et al.*, 2017) e pobreza (RAVER; BLAIR; WILLOUGHBY, 2013) com FE infantil.

Até agora, a literatura existente examinando este tópico analisou apenas relações únicas entre FE e seus correlatos. Isso é um tanto simplista, ignora a natureza complexa das influências na FE infantil e desconsidera a interação não linear, dinâmica e intrínseca entre a FE e seus correlatos. A presença ou ausência de uma única variável dentro de um modelo de análise pode mudar completamente a natureza de um sistema (BORSBOOM; CRAMER, 2013) e, no contexto da pesquisa que examina as relações entre EF e AF em crianças, é importante considerar variáveis que são conhecidos correlatos de ambos.

Uma forma inovadora de entender melhor esse problema pode ser o uso da análise de rede. Uma abordagem de rede é útil para fornecer conhecimento das possíveis inter-relações de uma perspectiva teórica e estatística, ao mesmo tempo que considera as características do sistema não linear e identifica fatores cruciais dentro da rede (SCHMITTMANN *et al.*, 2013). Portanto, o presente estudo teve como objetivo usar a análise de rede, pela primeira vez, para analisar as relações entre AF, ACR, IMC, correlatos psicossociais e FE em pré-escolares de baixa renda.

## **Métodos**

### **Caracterização da pesquisa**

Este estudo transversal utilizou dados de linha de base do projeto "Movement's Cool", que tem o objetivo de analisar a associação entre comportamentos de movimento e desfechos de saúde em pré-escolares. Todos os aspectos éticos foram seguidos.

### **População e amostra**

Foram elegíveis crianças pré-escolares de três a cinco anos, de ambos os sexos, matriculadas nos Centros de Referência em Educação Infantil (CREI) de João Pessoa / Brasil. A zona de educação pública pré-escolar do município está organizada em nove polos, onde estão localizados cinquenta e cinco CREIs que tem alunos matriculados de três a cinco anos de idade. Dez instituições, localizadas em áreas carentes de seis polos diferentes, concordaram em participar do estudo. Para este estudo, três CREIs, situados em três polos diferentes, foram selecionados aleatoriamente. As três pré-escolas localizavam-se em áreas carentes, com baixo nível socioeconômico: 50,5% das mães ou pais estavam desempregados e mais de 71,8% das mães não tinham ensino médio completo. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos bairros onde os CREIs estão localizados varia de 0,4 a 0,5.

Todos os pais de crianças matriculadas (283 crianças) foram convidados e 146 aceitaram participar. Quatro crianças foram excluídas por não completarem todo o protocolo do estudo, e 142 crianças compuseram a amostra final.

## **Instrumentos de coleta**

### Atividade física

Acelerômetros (modelo GT3X +, Actigraph, Pensacola, FL, EUA) foram usados durante oito dias, e o vetor magnitude foi analisado considerando contagens baseadas na duração de *epochs* de 15s (CLIFF; REILLY, 2009). Períodos de  $\geq 20$  min de contagens zero consecutivas foram definidos como tempo sem uso e removidos da análise. Foram considerados dados válidos o uso de pelo menos três dias na semana e um dia no final de semana.

O tempo gasto em intensidade leve, moderada e vigorosa foi estimado usando os pontos de corte propostos por Butte *et al.*, (2014). Para fins de análise, foi considerado o percentual de tempo gasto em cada intensidade.

### Aptidão cardiorrespiratória

A ACR foi avaliada pelo teste Shuttle Run de 20 metros (LEGER *et al.*, 1988). Para o presente estudo, foi utilizado o protocolo adaptado por Cadenas-Sanchez *et al.*, (2014) para crianças em idade pré-escolar. Nessa adaptação, o

teste começa a uma velocidade de 6,5 km/h e aumenta 0,5 km/h a cada minuto. Para efeito de análise, foi considerada a distância total percorrida em metros.

### Índice de Massa Corporal

A estatura (cm) e o peso (kg) foram determinados por meio de estadiômetro Holtain e balança digital (Seca 708), respectivamente, enquanto o participante estava com roupas leves e descalço, seguindo procedimento padronizado (ONIS, 2006). O IMC foi calculado dividindo-se o peso corporal pelo quadrado da altura em metros ( $\text{kg} / \text{m}^2$ ).

### Correlatos sociais

Os pais / responsáveis das crianças relataram informações sobre nascimento prematuro, renda familiar, presença de irmãos, cuidadores primários da criança e presença de outras crianças em casa. As categorias de resposta foram dicotomizadas da seguinte forma: a) nascimento - 1) nascimento a termo x 2) nascimento prematuro; b) renda familiar - 1) até um salário mínimo x 2) mais que um salário mínimo; c) presença de irmãos - 1) não x 2) sim; d) cuidadores principais da criança - 1) mãe x 2) outros; e) presença de filhos em casa - 1) apenas um x 2) dois ou mais.

### Função executiva

A FE foi avaliada por meio do Early Years Toolbox – EYT (HOWARD; MELHUISH, 2017), que é uma bateria de tarefas computadorizadas desenvolvida para avaliar especificamente a FE de crianças de três a cinco anos de idade. A bateria consiste em cinco tarefas avaliadas a partir de jogos em um aplicativo desenvolvido para *iPad*.

No cérebro imaturo das crianças em idade pré-escolar, o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva compartilham processos comuns, sendo difíceis de dissociar (DIAMOND, 2013). Além disso, é relevante considerar que na primeira infância esses componentes estão fortemente relacionados à inibição, tanto no nível representacional quanto na manutenção de objetivos (KARR *et al.*, 2018; MIYAKE *et al.*, 2000; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012), portanto, para este estudo, considerou-se a pontuação calculada na tarefa Go / No Go como um indicador de FE global

(KARR *et al.*, 2018; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012). Estudos anteriores mostraram que o teste Go / No Go pode ativar todo o córtex pré-frontal (a região do cérebro considerada a base de suporte para FE), e é uma tarefa mais robusta do que outras para estabelecer o desempenho da FE (SMITH *et al.*, 2017; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012).

O controle inibitório foi indexado por uma pontuação de controle de impulso que representa o produto da acurácia de Go e No Go, representando a força da resposta prepotente ao toque sempre que um teste No Go é apresentado, em relação à sua capacidade de superar essa resposta. Para análise, foi atribuído um ponto para cada resposta correta, com pontuação variando de 0 a 75 pontos. Este protocolo apresenta valores de confiabilidade satisfatórios com  $\alpha = 0,95$  de Cronbach (HOWARD; MELHUIH, 2017). No presente estudo, os valores de confiabilidade composta para Go / No Go foi de 0,78 considerado um valor adequado (VALENTINI; DAMÁSIO, 2016).

### **Procedimentos e desenho do estudo**

As avaliações foram realizadas durante quatro meses (agosto a outubro de 2019 e março de 2020). Todas as escolas e pais foram informados sobre os protocolos e procedimentos do projeto em reuniões com o coordenador do projeto e aceitaram participar. Todas as crianças autorizadas pelos pais foram avaliadas.

Uma reunião prévia com o gestor da escola foi realizada durante o primeiro dia nas escolas. No segundo dia, os dados sociodemográficos e sociais foram fornecidos pelos pais. No terceiro dia, os dados de FE foram coletados e um acelerômetro foi entregue a cada criança.

### **Tratamento de dados**

Uma análise de rede foi conduzida para avaliar o padrão de relação entre AF, ACR, IMC, correlatos sociais e FE. O algoritmo "Fruchterman-Reingold" foi aplicado. Portanto, os dados foram apresentados em um espaço relativo no qual as variáveis com estatísticas fortes permanecem juntas, e com variações aplicadas fracas se repelem (FRUCHTERMAN; REINGOLD, 1991).

No presente estudo, existe um conjunto de variáveis de diferentes naturezas (dicotômicas e contínuas), neste sentido utilizou-se o modelo "*random fields of pairwise Markov*" para melhorar a precisão da rede e mitigar a possível perda de informações. O algoritmo adiciona uma penalidade "L1" (*regularized neighbourhood regression*). A regularização é alcançada por um operador total a menos de contração e seleção (Lasso) (FRIEDMAN; HASTIE; TIBSHIRANI, 2008), que trabalha controlando a rede esparsa. Utilizou-se o critério de informação bayesiana estendida (EBIC) para selecionar o Lambda do parâmetro de regularização. EBIC usa um hiperparâmetro ( $\gamma$ ) que determina o quão esparsa é o modelo (CHEN; CHEN, 2008; FOYGEL; DRTON, 2010). Foi determinado o valor de  $\gamma$  em 0,25 (variação de 0 a 0,50), que é um valor mais parcimonioso para redes exploratórias, como no presente estudo. Esses procedimentos garantem que a operadora Lasso selecione o melhor modelo de rede, considerando o tamanho da amostra (KRÄMER; SCHÄFER; BOULESTEIX, 2009).

Para o presente estudo, foram utilizados três indicadores de centralidade para compreender o papel de cada variável no padrão que emergiu da rede. (1) centralidade de intermediação, estimada a partir do número de vezes que um nó faz parte do caminho mais curto entre todos os outros pares de nós conectados à rede; (2) centralidade de proximidade, que é determinada pelo inverso das distâncias de um nó a todos os outros; (3) força (grau / centralidade), que é a soma de todos os pesos dos caminhos que conectam um nó aos demais (EPSKAMP *et al.*, 2012). O pacote qgraph de R foi usado (EPSKAMP *et al.*, 2012).

### **Aspectos éticos**

Os métodos e procedimentos de avaliação foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (parecer nº 4.102.806) e pela Secretaria de Educação do Município.

### **Resultados**

Um total de 142 crianças preencheram todos os critérios de inclusão (50,7% do sexo feminino,  $4,0 \pm 0,8$  anos). As crianças gastaram do tempo total de uso aproximadamente 28,6% em atividades físicas leves (AFL), 5,5% em

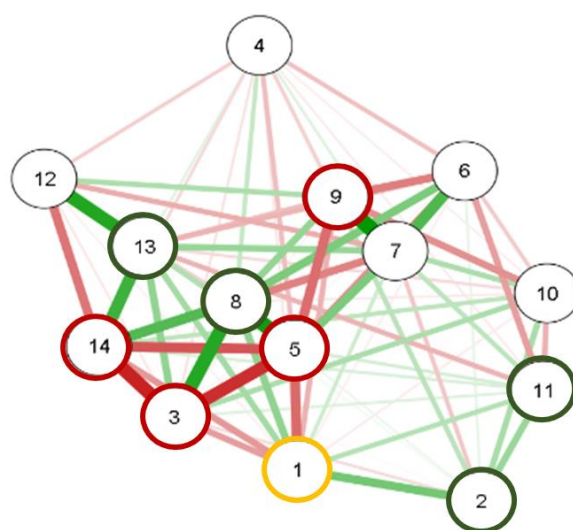
atividades físicas moderadas (AFM) e 2,7% em atividades físicas vigorosas (AFV). As características da amostra são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características da amostra, estratificadas pelo sexo.

| Variável                 | Meninos       | Meninas       | p      | Cohen's<br>d |
|--------------------------|---------------|---------------|--------|--------------|
|                          | (n = 70)      | (n = 72)      |        |              |
|                          | Média ± DP    | Média ± DP    |        |              |
| AFL (%)                  | 28,8 ± 11,43  | 28,6 ± 9,4    | 0,877  | 0,03         |
| AFM (%)                  | 5,8 ± 2,1     | 5,4 ± 1,8     | 0,329  | 0,21         |
| AFV (%)                  | 3,2 ± 1,4     | 2,4 ± 1,1     | 0,004* | 0,65         |
| AFMV (%)                 | 8,9 ± 2,6     | 7,7 ± 2,3     | 0,024* | 0,50         |
| ACR (metros)             | 370,8 ± 181,7 | 327,0 ± 150,8 | 0,120  | 0,26         |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> ) | 15,3 ± 1,4    | 15,5 ± 1,8    | 0,477  | -0,12        |
| FE (escores)             | 60,7 ± 9,5    | 60,6 ± 9,3    | 0,941  | 0,01         |

AFL = Atividade física leve; AFM = Atividade física moderada; AFV = Atividade física vigorosa; ACR = Aptidão cardiorrespiratória; IMC = Índice de massa corporal; FE = Função executiva. \* Teste T de Student.

A configuração da rede é apresentada na Figura 1. A cor azul expressa as relações positivas entre as variáveis na rede e as relações negativas são expressas pela cor vermelha. A espessura da linha indica o peso da associação.



Legenda: 1: Função executiva; 2: Idade; 3: Sexo; 4: IMC; 5: Nascimento prematuro; 6: Renda; 7: Irmãos; 8: Cuidadores primários da criança; 9: Crianças em casa; 10: Brinca com os pais; 11: Aptidão cardiorrespiratória; 12: Atividade física leve; 13: Atividade física moderada; 14: Atividade física vigorosa. Os nós azuis são as variáveis com associação positiva com a função executiva e vermelho a associação negativa.

Figura 1. Perspectiva de rede da atividade física, aptidão cardiorrespiratória, IMC e correlatos sociais da função executiva em pré-escolares de baixa renda.

A matriz de predição da rede (Tabela 2) indicou associação positiva de FE com idade ( $b = 0,47$ ), cuidadores primários da criança ( $b = 0,37$ ), AFM ( $b = 0,30$ ) e ACR ( $b = 0,25$ ), e negativa associações foram observadas com nascimento prematuro ( $b = -0,50$ ), AFV ( $b = -0,34$ ), presença de outras crianças em casa ( $b = -0,25$ ) e sexo ( $b = -0,33$ ). O nascimento prematuro apresentou relações negativas com sexo ( $b = -0,70$ ), AFV ( $b = -0,57$ ) presença de outras crianças em casa ( $b = -0,49$ ) e renda ( $b = -0,37$ ), e associação positiva com cuidadores primários da criança ( $b = 0,81$ ) e presença de irmãos ( $b = 0,44$ ).

Tabela 2. Matriz de peso das variáveis atividade física, aptidão cardiorrespiratória, IMC, idade, sexo, correlatos sociais e função executiva. João Pessoa-PB. Ano 2019/2020.

| Variáveis | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13   | 14 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| 1         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 2         | 0,47  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 3         | -0,33 | -0,12 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 4         | -0,07 | 0,06  | -0,09 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 5         | -0,50 | -0,04 | -0,70 | -0,21 |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 6         | -0,05 | 0,08  | -0,03 | -0,20 | -0,37 |       |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 7         | 0,16  | -0,19 | 0,01  | 0,10  | 0,44  | 0,59  |       |       |       |       |       |       |      |    |
| 8         | 0,37  | 0,06  | 0,73  | 0,19  | 0,81  | 0,44  | -0,42 |       |       |       |       |       |      |    |
| 9         | -0,25 | 0,23  | -0,04 | -0,15 | -0,49 | -0,43 | 0,86  | 0,36  |       |       |       |       |      |    |
| 10        | -0,06 | 0,29  | 0,28  | -0,06 | 0,00  | -0,17 | 0,27  | -0,07 | -0,37 |       |       |       |      |    |
| 11        | 0,25  | 0,33  | 0,11  | -0,06 | 0,14  | -0,32 | 0,22  | -0,01 | -0,10 | -0,26 |       |       |      |    |
| 12        | -0,05 | 0,02  | -0,07 | -0,16 | 0,03  | 0,00  | -0,27 | -0,07 | 0,27  | 0,00  | -0,02 |       |      |    |
| 13        | 0,30  | 0,04  | 0,36  | 0,09  | 0,26  | -0,25 | 0,34  | -0,15 | -0,22 | -0,12 | -0,25 | 0,74  |      |    |
| 14        | -0,34 | -0,02 | -0,74 | -0,12 | -0,57 | 0,00  | -0,05 | 0,58  | 0,00  | 0,22  | 0,12  | -0,46 | 0,65 |    |

1: Função executiva; 2: Idade; 3: Sexo; 4: IMC; 5: Nascimento prematuro; 6: Renda; 7: Irmãos; 8: cuidadores principais da criança; 9: Crianças em casa; 10: Brinca com os pais; 11: Aptidão cardiorrespiratória; 12: Atividade física leve; 13: Atividade física moderada; 14: Atividade física vigorosa.

Os indicadores de centralidade da rede destacaram o nascimento prematuro ( $I = 2,221$ ), AFV ( $I = 0,898$ ) e FE ( $I = 1,228$ ) com os maiores valores de intermediação ( $I$ ). A maior proximidade ( $P$ ) e força ( $F$ ) foram observadas para o nascimento prematuro ( $P = 1,459$ ;  $F = 1,462$ ) e cuidadores primários da criança ( $P = 1,276$ ;  $F = 1,162$ ), enquanto a presença de irmãos ( $P = 0,807$ ) e AFV ( $P = 0,766$ ) também apresentaram valores de proximidade significativos (Tabela 3).

Tabela 3: Medidas de centralidade da análise de rede entre atividade física, aptidão cardiorrespiratória, IMC, idade, sexo, correlatos sociais e função executiva. João Pessoa-PB. Ano 2019/2020.

| Centrality Measures         |               |             |        |
|-----------------------------|---------------|-------------|--------|
| Variables                   | Intermediação | Proximidade | Força  |
| Função executiva            | 1,228         | 0,212       | 0,066  |
| Idade                       | -0,756        | -0,973      | -1,259 |
| Sexo                        | -0,756        | 0,590       | 0,483  |
| IMC                         | -1,087        | -2,074      | -1,606 |
| Prematuridade               | 2,221         | 1,459       | 1,462  |
| Renda                       | 0,898         | 0,063       | -0,209 |
| Irmãos                      | -0,425        | 0,590       | 0,807  |
| Cuidadores primários        | -0,094        | 1,276       | 1,162  |
| Crianças em casa            | 0,236         | 0,583       | 0,648  |
| Aptidão cardiorrespiratória | -0,756        | -1,014      | -0,976 |
| Atividade física            |               |             |        |
| <i>Leve</i>                 | -0,756        | -0,480      | -1,004 |
| <i>Moderada</i>             | 0,236         | 0,179       | 0,664  |
| <i>Vigorosa</i>             | 0,898         | 0,671       | 0,766  |

## Discussão

Pelo que os autores sabem, este é o primeiro estudo a considerar as relações entre AF, ACR, IMC, correlatos sociais e FE em um sistema de redes, em pré-escolares de baixa renda. Como consequência, os resultados do presente estudo avançam na compreensão deste tópico, fornecendo uma visão geral das variáveis acima mencionadas como uma rede não linear e dinâmica.

Os resultados do presente estudo demonstraram que crianças mais velhas, do sexo masculino, que passam mais tempo em AFM, apresentam maior ACR e cujos cuidadores principais não são suas mães apresentam maior FE. Por outro lado, crianças prematuras, que passam mais tempo em AFV e moram com outras crianças em casa tendem a ter FE mais baixa. Observou-se também que o nascimento prematuro surgiu como variável transcendental na rede.

Hierarquicamente, o córtex pré-frontal tem um processo de maturação tardia, em comparação com outras regiões do cérebro (DIAMOND, 2002). Durante este período de maturação, ocorrem aumentos na capacidade de informação, como integração com uma tarefa e gerenciamento de informações, bem como velocidade de processamento, que são funcionalmente essenciais para a plasticidade neuronal (KHAN; HILLMAN, 2014), e podem justificar parcialmente o fato de que crianças mais velhas têm melhor FE do que as mais novas.

Sabe-se que fatores ambientais podem esculpir o cérebro para se adaptar ao contexto (KHAN; HILLMAN, 2014). Assim, comportamentos de estilo de vida, como AF e exercícios, levam a uma maior vascularização cerebral (DA SILVA *et al.*, 2017) e podem ser um fator desencadeante de alterações cerebrais, devido ao seu papel na neurogênese (HILLMAN; KHAN; KAO, 2015), mediado pelo fator neurotrófico derivado do cérebro (KHAN; HILLMAN, 2014). Batouli e Saba (2017) afirmaram que 82% da massa cinzenta do cérebro está associada aos efeitos da AF, especialmente ao aumentar os níveis de ACR. No entanto, um estudo de revisão recente relatou a falta de evidências sobre esses mecanismos em crianças pequenas (STILLMAN *et al.*, 2020). Os resultados do presente estudo demonstram que a AF teoricamente explica várias vias das associações observadas.

Ao considerar a relação entre as intensidades de AF e processos cognitivos, a teoria do U invertido sustenta que melhorias cognitivas ocorrem durante a AFM e que tais efeitos tendem a diminuir com o aumento da intensidade (MCMORRIS, 2016). McMorris (2016) afirma que de forma aguda em intensidades leves o estímulo é baixo e a energia gasta para se concentrar em tarefas cognitivas também é baixa. Durante atividades de intensidade

moderada, o desempenho cognitivo é otimizado. Porém, durante intensidades vigorosas, o desempenho cognitivo retorna aos seus níveis iniciais, devido à capacidade de concentração afetada durante a tarefa cognitiva realizada (MCMORRIS, 2016). Similarmente, Chang e Etnier (2009) observaram que as tarefas de FE são prejudicadas pela AFV e beneficiadas pela AFM. Um estudo prévio examinou amplamente os efeitos agudos da intensidade de AF no desempenho cognitivo, porém permanece uma falta de evidências existentes sobre os efeitos crônicos de diferentes intensidades de AF na FE (PONTIFEX *et al.*, 2018). É importante ressaltar que, neste estudo, foi avaliado o acúmulo de intensidade de AF durante todo o dia, o que difere de avaliar o efeito de uma sessão de exercícios. No entanto, os presentes resultados concordam com diversos painéis de especialistas internacionais, que afirmam que, quanto mais tempo as crianças passam em AFM, melhor saúde cognitiva e desempenho acadêmico são alcançados (BANGSBO *et al.*, 2016; SINGH *et al.*, 2018).

No presente estudo, ser menino foi associado a maior FE. Por outro lado, Klenberg *et al.*, (2001) mostraram que as meninas têm FE mais alta do que os meninos, embora não tenham considerado o papel da AF nesta associação. Portanto, considerando que a presente amostra de meninos passou mais tempo em AFMV do que as meninas, pode-se hipotetizar que a AF pode ter um efeito positivo na FE dos meninos em comparação com as meninas. Além disso, a ACR mais elevada em meninos do que em meninas também poderia explicar esses resultados (FEDEWA, 2011).

A análise de redes mostrou que os cuidadores principais da criança e a presença de outras crianças em casa também estavam relacionados à FE. De fato, o relacionamento parental é significativo para o desenvolvimento da FE durante a infância (HUGHES; DEVINE, 2017). No entanto, Zysset *et al.*, (2018) apontaram para a importância da qualidade do tempo, ainda mais do que o tempo-quantidade nesta relação (ZYSSET *et al.*, 2018). Estudos anteriores mostram que a sensibilidade do cuidador pode influenciar o volume do hipocampo de pré-escolares, o que está diretamente relacionado ao desempenho cognitivo (RAO *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2019). Portanto, para aquelas crianças de baixa renda cujas mães trabalham fora de casa, o tempo gasto com a criança pode ser comprometido. As crianças aqui avaliadas passam

10 horas por dia em ambientes de pré-escola, por isso é imprescindível relatar um estudo anterior que destacou que o vínculo afetivo com os professores pode trazer efeitos positivos na FE (VANDENBROUCKE *et al.*, 2017).

Os resultados também destacaram uma associação negativa entre parto prematuro e FE. Essa associação foi demonstrada em estudos anteriores (BOGIČEVIĆ; VERHOEVEN; VAN BAAR, 2019; O'MEAGHER *et al.*, 2019) e pode ser atribuída a um menor volume cerebral total (DE KIEVIET *et al.*, 2012) e alterações nos volumes de massa cinzenta e branca de crianças prematuras (COUNSELL; BOARDMAN, 2005). De fato, os indicadores de centralidade mostraram que o nascimento prematuro emergiu como a variável mais crítica na rede, refletindo o papel dessa variável no padrão emergente da rede.

O indicador de força é essencial para entender quais variáveis apresentam as conexões mais robustas no padrão de rede atual. Uma variável com um alto valor de proximidade será rapidamente afetada por mudanças em qualquer parte da rede e também pode afetar outras partes. Variáveis com valores de intermediação mais altos são mais sensíveis a mudanças e podem atuar como um hub, conectando outros pares de variáveis. Embora o parto prematuro seja uma variável inalterável em sua natureza, as intervenções precoces podem promover melhor FE nessas crianças (NORDHOV *et al.*, 2010). No entanto, também é essencial relatar que os indicadores de centralidade destacaram as contribuições de outras variáveis modificáveis para o padrão emergente, especialmente AF, que pode ser modificável por programas de intervenção.

No contexto do presente estudo, o IMC não surgiu como uma variável central na rede. Mesmo considerando sua importância para as variáveis analisadas, as crianças avaliadas apresentaram características de peso semelhantes, com pouca variabilidade. Assim, em termos psicométricos, é possível que essa variável perca o poder de diferenciar as crianças por diferentes valores de IMC.

O ponto forte do presente estudo é a avaliação da relação entre AF, ACR, IMC, correlatos sociais e FE em uma amostra de crianças pré-escolares de baixa renda, de um país de renda média. Além disso, tendo baseado este estudo em

uma abordagem de rede, o que permite um olhar para as variáveis como um sistema dinâmico, recíproco e não linear. A perspectiva de rede tem sido fundamental para investigar padrões de relacionamento entre variáveis em um modelo de desenvolvimento (BORSBOOM; CRAMER, 2013). No entanto, o presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser relatadas. A falta de dados sobre as relações parentais e com os docentes pode limitar o conhecimento sobre a contribuição dessas relações para o padrão emergido. Além disso, a falta de informações sobre os tipos de AF e esportes que as crianças geralmente praticam pode ser considerada uma área a ser adaptada ou refinada para pesquisas futuras.

## **Conclusões**

Os resultados do presente estudo, baseados em uma análise de rede, destacaram o nascimento prematuro, AFM e a ACR como variáveis essenciais de um sistema complexo onde cada variável tem um papel dinâmico. O presente estudo apresenta uma nova visão dos índices de centralidade para a promoção da saúde do pré-escolar.

# **Estudo 2**

## Associação entre comportamento sedentário dentro e fora da pré-escola e função executiva em pré-escolares

### Resumo

Crianças em idade pré-escolar passam grande parte do dia na escola e boa parte desse tempo em comportamentos sedentários (CS). Apesar do CS afetar negativamente regiões do cérebro responsáveis pela cognição, acredita-se que o tipo de CS realizado pode favorecer o desempenho das funções executivas (FE). **Objetivo:** o presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre CS dentro e fora da pré-escola e habilidades da FE em pré-escolares. **Métodos:** Foram avaliadas 73 crianças em idade pré-escolar (60,3% meninas), com média de idade de  $55,0 \pm 9,1$  meses. O CS e a atividade física (AF) foram avaliados objetivamente por meio de acelerômetros (Actigraph, modelo WGT3-X, Flórida). A FE foi avaliada utilizando o paradigma Go / No Go da bateria *Early Years Toolbox - EYT*, e para efeito de análise, foram consideradas a eficiência inversa de Go (EI; tempo de reação / acurácia Go) e a acurácia de No Go. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado dividindo-se o peso corporal pelo quadrado da altura em metros ( $\text{kg} / \text{m}^2$ ). Os pais forneceram dados relativos ao sexo e a idade das crianças. Para avaliar possíveis associações entre FE e CS, considerou-se sexo, idade, IMC e AF como covariáveis, foi realizado um modelo de equação estrutural, por meio de análise de regressão linear multivariada. **Resultados:** observou-se associação significativa e positiva entre CS em dias de final de semana e EI de Go ( $b = 0,61$ ;  $p < 0,001$ ). O modelo geral explica 51,9% variabilidade de EI e 2% da acurácia de No Go. **Conclusão:** o modelo apresentado neste estudo mostrou que o CS nos dias de final de semana apresentou associação significativa e adversa com a EI nas crianças, sugerindo que o CS excessivo nesses dias pode ser prejudicial à FE na primeira infância.

**Palavras-chaves:** Comportamento sedentário; Função executiva; Pré-escolares.

## Introdução

O tempo excessivo despendido em comportamento sedentário (CS) tem sido caracterizado como um determinante de saúde devido à sua influência negativa nos marcadores cardiometabólicos e sua associação positiva com todas as causas de mortalidade na população adulta (YOUNG DEBORAH *et al.*, 2016). Pesquisas anteriores também mostraram o efeito negativo do CS sobre a estrutura cerebral e habilidades cognitivas, como funções executivas (FE), na infância e adolescência (RODRIGUEZ-AYLLON *et al.*, 2019; ZAVALA-CRICHTON *et al.*, 2020).

A FE corresponde a uma série de processos cognitivos (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva) responsáveis por sistematizar comportamentos para realizar tarefas complexas (BELL; CUEVAS, 2016). Na primeira infância, devido à imaturidade cerebral, é difícil diferenciar os processos cognitivos. Estudos anteriores avaliaram a pontuação no teste Go / No Go como uma medida de FE nesta população (WIEBE; SHEFFIELD; ESPY, 2012). No entanto, a importância do tempo de reação (TR), uma medida de velocidade de processamento da informação (ANDERSON; NETTELBECK; BARLOW, 1997), que também está relacionada com a substância branca do cérebro em desenvolvimento (SCANTLEBURY *et al.*, 2014), deve ser considerada. Além disso, a acurácia de No Go (Ac No Go), capacidade da criança de inibir um comportamento contínuo, também é uma medida importante a ser considerada, dado seu rápido crescimento na primeira infância, e sua relação com a maturação do córtex pré-frontal (CARVER; LIVESEY; CHARLES, 2001), que é a base dos processos cognitivos de ordem superior (FUSTER, 2015).

Em crianças pequenas, o CS afeta negativamente a substância branca do cérebro (HUTTON *et al.*, 2020), o que está relacionado aos processos cognitivos (DODSON *et al.*, 2018). No entanto, os efeitos do CS na FE podem variar de acordo com a “atividade sedentária” realizada (CARSON *et al.*, 2015). De fato, atividades que promovem a aprendizagem, como quebra-cabeças ou jogos de raciocínio podem melhorar a FE das crianças (CARSON *et al.*, 2015). Crianças que frequentam pré-escolas passam grande parte de seu tempo diário em CS

(BARBOSA *et al.*, 2016). No entanto, este tempo pode não ser necessariamente prejudicial para a FE, e se o CS dentro e fora da pré-escola está associado aos resultados de EF ainda é desconhecido.

Os comportamentos de movimento estão inter-relacionados (PEARSON *et al.*, 2014), e a atividade física (AF) pode atenuar os efeitos deletérios do excesso de CS (EKElund *et al.*, 2016). Além disso, características individuais, como sexo (TANAKA; TANAKA; TANAKA, 2018), idade (JÚDICE *et al.*, 2017) e índice de massa corporal (IMC) (BIDDLE; GARCÍA BENGOCHEA; WIESNER, 2017), podem ter um papel importante na relação entre CS e FE. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a associação entre CS dentro e fora da pré-escola e habilidades da FE em pré-escolares. O presente estudo tem como hipótese que o CS dentro da pré-escola está positivamente associado à FE, enquanto o tempo gasto fora da pré-escola está negativamente associado à FE do pré-escolar.

## **Métodos**

### **Caracterização da pesquisa**

Este estudo transversal utilizou dados de linha de base do projeto "Movement's Cool", que tem o objetivo de analisar a associação entre comportamentos de movimento e desfechos de saúde em pré-escolares (MARTINS *et al.*, 2020b).

### **População e amostra**

Foram elegíveis crianças pré-escolares de três a cinco anos, de ambos os sexos, matriculadas nos Centros de Educação Infantil (CREIs) de João Pessoa / Brasil. A zona de educação pública pré-escolar está organizada em nove distritos, onde estão localizados 55 CREIs com alunos matriculados de três a cinco anos. Dez CREIs, localizados em áreas carentes de seis distritos diferentes, concordaram em participar do estudo. Para este estudo, três CREIs, situados em três distritos diferentes, foram convenientemente selecionados. Essas três pré-escolas localizavam-se em áreas carentes, com baixo nível socioeconômico (NSE): 50,5% das mães ou pais estavam desempregados e mais de 71,8% das mães tinham ensino médio incompleto. O Índice de

Desenvolvimento Humano (IDH) das áreas onde as pré-escolas estão localizadas varia de 0,4 a 0,5. Todos os pais de crianças cadastradas (283 crianças) foram convidados e 146 aceitaram participar. No entanto, 73 crianças não validaram os dados do acelerômetro ou não realizaram o teste de FE.

### **Instrumentos de coleta**

#### Comportamento sedentário e atividade física

O CS foi avaliado objetivamente por meio de acelerômetros (Actigraph, modelo WGT3-X, Flórida). Os professores da pré-escola e os pais / responsáveis receberam instruções verbais e escritas para o uso correto do acelerômetro. Ao longo da semana, os pais receberam três ligações para lembrá-los sobre o uso do acelerômetro. A inicialização do dispositivo, redução de dados e análise foram realizadas usando o software ActiLife (versão 6.13.3).

Os participantes foram orientados a usar o acelerômetro no quadril direito por 7 dias consecutivos (quarta de manhã a terça à tarde). As crianças foram autorizadas a remover o dispositivo durante atividades aquáticas e durante o sono (à noite). No período pré-escolar, os acelerômetros eram retirados pelos professores por volta das 11 horas da manhã para o banho das crianças e fixados adequadamente após o banho. Os acelerômetros foram configurados para medir a aceleração a uma taxa de amostragem de 100 Hz e analisados como *counts*, usando uma duração de *epoch* de 15 s, e reintegrados a *epochs* de 60 segundos para análise. Períodos de  $\geq 20$  min de *counts* zero consecutivas foram definidos como tempo sem uso e removidos da análise, e o primeiro dia de dados do acelerômetro foi omitido da análise para evitar a reatividade do sujeito. Foram considerados válidos dados com o mínimo de três dias (um final de semana e duas semanas), com o mínimo de 8h de uso. O tempo médio de uso foi de 10,9 horas ( $DP \pm 1,4h$  de tempo de uso entre as crianças). O tempo gasto no CS foi estimado em  $\leq 819$  *counts*, conforme proposto por Butte *et al.*, (BUTTE *et al.*, 2014). O tempo em CS dentro da escola foi considerado das 7h às 17h. O tempo em CS fora da escola na semana foi registrado a partir das 17h até o momento da retirada para dormir. Nos finais de semana, o CS foi considerado desde o momento em que a criança colocava o acelerômetro pela manhã até a retirada para o sono noturno. A Atividade Física Moderada a

Vigorosa (AFMV), expressa em minutos por dia, foi analisada como variável de ajuste e estimada em  $> 3,908 \text{ counts}$  (BUTTE *et al.*, 2014).

### Índice de Massa Corporal

A estatura (cm) e o peso (kg) foram determinados com estadiômetro Holtain e balança digital (Seca 708), respectivamente, enquanto o participante estava com roupas leves e descalço, seguindo procedimento padronizado (ONIS, 2006). O IMC foi calculado dividindo-se o peso corporal pela altura ao quadrado em metros ( $\text{kg} / \text{m}^2$ ).

### Função executiva

A FE foi avaliada por meio do *Early Years Toolbox - EYT* (HOWARD; MELHUIH, 2017), que é uma bateria de tarefas computadorizadas desenvolvida para avaliar a FE de crianças de três a cinco anos de idade. A bateria consiste em cinco tarefas avaliadas a partir de jogos em um aplicativo desenvolvido para *iPad*.

No cérebro imaturo de crianças em idade pré-escolar, o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva compartilham processos comuns de difícil dissociação (DIAMOND, 2013). Além disso, é relevante considerar que na primeira infância, esses componentes estão fortemente relacionados à inibição, tanto no nível representacional ou para a manutenção dos objetivos (KARR *et al.*, 2018; MIYAKE *et al.*, 2000; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012). Assim, para este estudo, a acurácia calculada em Go, o TR em Go e a acurácia calculada nas tarefas No Go foram considerados como resultados. As crianças foram instruídas a tocar na tela sempre que vissem um peixe (Go) e não tocar na tela quando um tubarão aparecesse (No Go). Cada tentativa de estímulo permaneceu na tela por 1500ms, seguido por intervalo entre estímulos de 1000ms. As crianças completaram três blocos de 25 ensaios (um total de 75 ensaios), com 80% de ensaios Go (60 peixes) e 20% de ensaios No Go (15 tubarões) que foram apresentados em ordem aleatória. Estudos anteriores mostraram que o teste Go / No Go pode ativar todo o córtex pré-frontal (a região do cérebro considerada a base de suporte para FE), e é uma tarefa mais robusta do que outras para estabelecer o desempenho de FE (SMITH *et al.*, 2017; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012).

Para análise, foi atribuído um ponto para cada resposta correta, com pontuação variando de 0 a 60 pontos para Go e 0 a 15 pontos para No Go. A Eficiência Inversa (EI), calculada pela razão entre o tempo de reação e a acurácia de Go, foi considerada. Esta medida foi usada recentemente em pesquisas de desempenho FE para considerar as compensações entre velocidade e acurácia (VON SUCHODOLETZ; SLOT; SHROFF, 2017). A suposição subjacente é que "as diferenças no desempenho do tempo de reação diminuiriam se as diferenças na acurácia fossem grandes, mas permaneceriam as mesmas se a acurácia fosse idêntica" (DING *et al.*, 2014). A tarefa de Go é considerada uma medida de seleção da atenção e de velocidade da resposta (ANDERSON; REIDY, 2012; WILLNER *et al.*, 2015). Além disso, a acurácia de No Go (Ac-No Go), que está relacionada a processos de inibição, foi utilizada para análise. Esse protocolo apresenta valores de confiabilidade satisfatórios com  $\alpha$  de Cronbach = 0,95 24. No presente estudo, os valores de confiabilidade composta para Go / No Go foi de 0,78, o que é considerado um valor adequado (VALENTINI; DAMÁSIO, 2016).

### **Procedimentos e desenho do estudo**

As medições foram realizadas durante quatro meses (agosto a outubro de 2019 e março de 2020). Todas as escolas e pais foram informados sobre os protocolos e procedimentos do projeto em reuniões com o coordenador do projeto e aceitaram participar. Todas as crianças autorizadas pelos pais foram avaliadas. Uma reunião prévia com o coordenador da escola foi realizada durante o primeiro dia nas escolas. No segundo dia, os dados sociodemográficos (sexo e idade) foram fornecidos pelos pais em entrevista face a face. No terceiro dia, os dados de FE foram coletados e o acelerômetro foi entregue a cada criança.

### **Tratamento dos dados**

Para caracterizar a amostra, foram utilizados média e desvio padrão, e a diferença entre os sexos foi verificada pelo teste t de *Student*. Para avaliar possíveis associações entre FE e CS, com sexo, idade, IMC e AFMV como covariáveis, foi realizado um modelo de equação estrutural, usando análise de regressão linear multivariada. A presença de *outliers* univariados e multivariados

foi verificada pela distância quadrada de Mahalanobis ( $D^2$ ). A normalidade das variáveis foi avaliada pelos coeficientes de assimetria (sk) e curtose (ku) uni e multivariada. Possíveis multicolinearidades foram investigadas usando VIF (*Variance Inflation Factor*), e  $VIF > 5$  foi considerado um indicador de multicolinearidade (MARÔCO, 2010). O método de máxima verossimilhança robusto foi usado (BYRNE, 2013). O programa Mplus (versão 8.0) foi utilizado, e valores de  $p < 0,05$  foram considerados significativo.

### **Aspectos éticos**

Todos os aspectos éticos foram seguidos. Os métodos e procedimentos de avaliação foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (parecer nº 4.102.806) e pela Secretaria de Educação da cidade de João Pessoa, Brasil. Os consentimentos por escrito foram obtidos antes do início das coletas dos diretores das pré-escolas e dos pais das crianças.

### **Resultados**

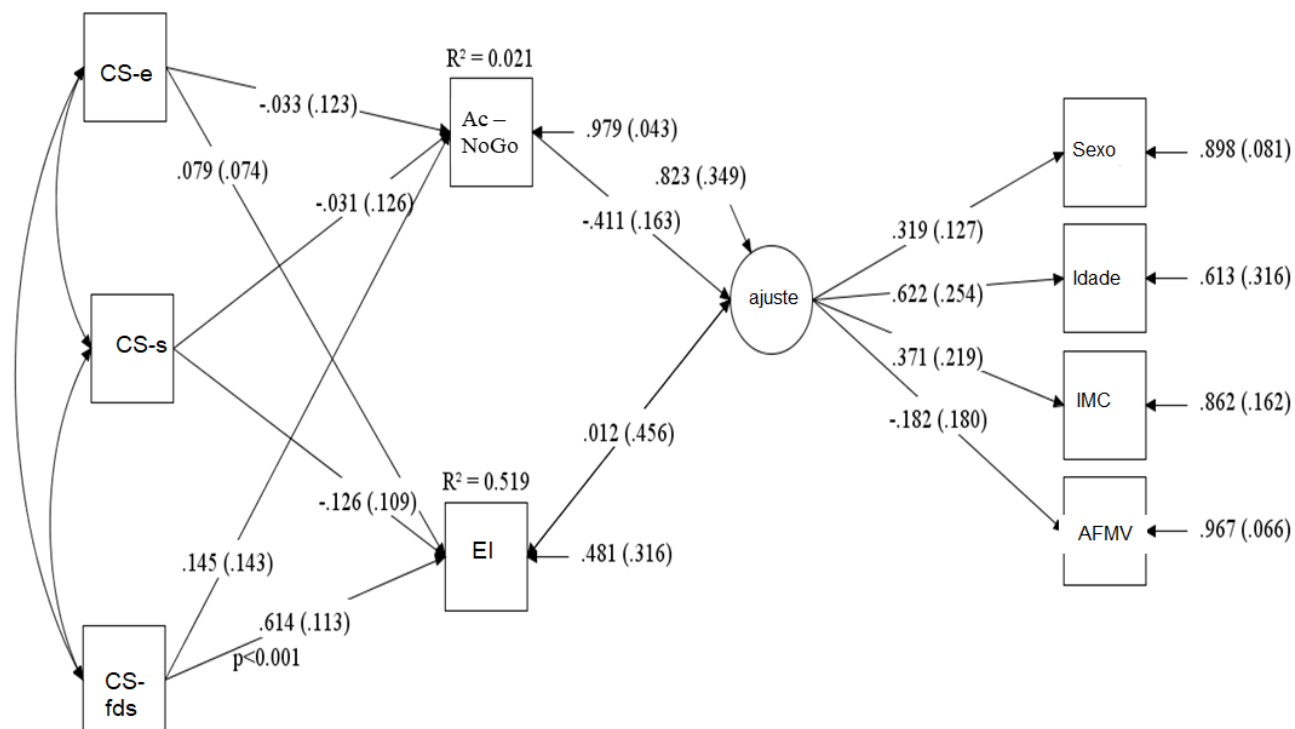
Participaram do estudo 73 pré-escolares que completaram todo o protocolo de avaliação. As meninas apresentaram maior tempo de CS no CREI em comparação aos meninos (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização da amostra.

| Variáveis                | Meninos<br>(n = 29) |       | Meninas<br>(n = 44) |       | p            | Cohen's d |
|--------------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|--------------|-----------|
|                          | Média               | DP    | Média               | DP    |              |           |
| Idade (meses)            | 54,3                | 8,9   | 55,5                | 9,2   | 0,612        | -0,122    |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> ) | 15,1                | 1,3   | 15,6                | 2,1   | 0,234        | -0,287    |
| AFMV (min/dia)           | 65,2                | 23,0  | 69,5                | 21,2  | 0,413        | -0,197    |
| CS-dentro (min/dia)      | 233,7               | 63,1  | 266,2               | 69,9  | <b>0,047</b> | -0,482    |
| CS-fora (min/dia)        | 182,0               | 70,6  | 192,8               | 69,4  | 0,522        | -0,154    |
| CS-fds (min/dia)         | 442,9               | 158,2 | 452,0               | 168,6 | 0,817        | -0,055    |
| CS (min/dia)             | 858,6               | 252,3 | 911,0               | 257,0 | 0,394        | -0,205    |
| Ac-Go (escore)           | 50,9                | 6,3   | 49,4                | 8,6   | 0,433        | 0,189     |
| TR-Go (ms)               | 290                 | 30    | 300                 | 30    | 0,196        | -0,312    |
| EI (TR/Ac)               | 5,8                 | 1,2   | 6,5                 | 3,0   | 0,253        | -0,277    |
| Ac-No Go (escore)        | 10,4                | 3,5   | 11,6                | 2,0   | 0,067        | -0,445    |

CS-dentro = Comportamento sedentário dentro da pré-escola; CS-fora = Comportamento sedentário na semana fora da pré-escola; CS-fds = Comportamento sedentário em dias de final de semana; CS = Comportamento sedentário do dia inteiro; Ac-Go = Acurácia de Go; TR-Go = Tempo de reação em Go; Ac-No Go = Acurácia de No Go; Valores estatisticamente significativos estão apresentados em negrito ( $p < 0,05$ ).

Analisando-se as associações entre CS (ou seja, CS-dentro, CS-fora e CS-fds) e FE (ou seja, EI, e Ac-No Go), ajustado pelo sexo, idade, IMC e AFMV (figura 1), foi possível observar uma associação significativa e positiva entre CS-fds e EI de Go ( $b = 0,61$ ;  $p < 0,001$ ). O modelo geral explica 51,9% da variabilidade de EI e 2% de Ac-No Go.



Legenda: CS-e = Comportamento sedentário dentro da pré-escola; CS-s = Comportamento sedentário em dias da semana fora da pré-escola; CS-fds = Comportamento sedentário em dias de fim de semana; Ac = precisão; EI = Eficiência inversa; IMC = Índice de Massa Corporal; AFMV = Atividade Física Moderada a Vigorosa.

**Figura 1.** Associação entre CS e FE.

## Discussão

O presente estudo analisou a associação entre o tempo de permanência em CS em diferentes contextos e a FE de pré-escolares. Embora estudos anteriores tenham avaliado a relação entre CS e FE em pré-escolares (NATHANSON *et al.*, 2014; SCHMIDT *et al.*, 2009), o presente estudo adiciona achados importantes à literatura existente, considerando contextos distintos em que pré-escolares são sedentários.

Os resultados primários do estudo mostraram que o tempo gasto em CS nos dias de fim de semana foi positivamente relacionado ao EI das crianças, uma medida para considerar as compensações entre velocidade e acurácia (VON SUCHODOLETZ; SLOT; SHROFF, 2017). Na verdade, um EI menor está associado a um desempenho mais eficiente da tarefa (VON SUCHODOLETZ; SLOT; SHROFF, 2017), o que pode indicar que o CS é nocivo para EI infantil. Assim, o tempo excessivo gasto em CS durante o final de semana parece ser prejudicial à FE de pré-escolares (CARSON *et al.*, 2015). Segundo Lillard e colaboradores (2015), o processamento da informação segue a forma de U invertido, de forma que o excesso de informação, assim como o conteúdo ao qual as crianças são expostas pode levar a deficiências de FE das crianças (LILLARD; PETERSON, 2011). Além disso, as crianças avaliadas gastam o dobro do tempo em CS durante os finais de semana se comparado aos dias de semana. O excesso de CS nesta fase da vida está associado à diminuição da integridade da substância branca em regiões do cérebro que suportam a FE, como o tálamo frontal e pré-frontal (HUTTON *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que a relação entre CS e FE em pré-escolares é controversa (CARSON *et al.*, 2015; CERNIGLIA; CIMINO, 2020), em parte devido ao tipo e ao tempo de CS realizado. Os avanços da tecnologia e o acesso facilitado aos aparelhos eletrônicos podem predispor crianças em idade precoce a um maior tempo de exposição às telas (RIDEOUT, 2016), embora programas educacionais específicos de TV, *tablet* e computador desenvolvidos para esse público possam contribuir positivamente para o processo de aprendizagem infantil (PLOWMAN *et al.*, 2012).

Embora seja esperado que o tempo sedentário dentro da pré-escola possa predizer positivamente a FE das crianças, o presente estudo não mostrou associação significativa com nenhum dos desfechos de FE avaliados. Características do contexto da pré-escola, como material inadequado, falta de espaço e qualificação dos professores para trabalhar com essas faixas etárias específicas, podem influenciar na qualidade das aulas oferecidas e, conseqüentemente, no processo cognitivo das crianças (BURCHINAL *et al.*, 2000). As crianças avaliadas gastam 10 horas por dia em pré-escolas públicas, localizadas em áreas de baixa renda de um país de renda média, onde os aspectos sociais que interferem diretamente no desenvolvimento infantil não podem ser ignorados. Além disso, em vários casos, os pais estão envolvidos em uma extensa rotina de trabalho, o que pode contribuir para a falta de interações de qualidade com seus filhos, principalmente durante a semana e, conseqüentemente, afetam o desenvolvimento cognitivo infantil (ST. JOHN; FINCH; TARULLO, 2019).

O principal ponto forte do presente estudo é a análise do tempo sedentário em diferentes contextos e sua repercussão na FE de pré-escolares. Pelo que os autores têm conhecimento, este é o primeiro estudo a relatar tais associações em crianças pequenas, considerando o contexto em que ocorre o CS, o que pode fornecer uma nova visão no campo da pesquisa. Além disso, a amostra estudada cobre uma lacuna geográfica crítica nesta área de pesquisa. Porém, os achados devem ser considerados com certa parcimônia, pois a falta de informação quanto ao tipo / qualidade do CS realizado em cada contexto pode ser determinante para as associações relatadas. Finalmente, outros fatores envolvidos com a FE de pré-escolares (por exemplo, ambientes domésticos e escolares, dieta, habilidades motoras, autoestima, fatores derivados do cérebro e outros) podem ser prejudiciais para os índices de ajuste e devem ser mais explorados (TAKEUCHI; KAWASHIMA, 2015). Portanto, esses resultados enfatizam uma influência dependente do contexto do tempo de CS na FE de pré-escolares e demonstram a relevância e a prioridade de estudos adicionais para melhor discernir os tipos de CS.

## **Conclusão**

O modelo apresentado neste estudo mostrou que o CS nos dias de final de semana apresentou associação significativa e adversa com a EI em crianças, sugerindo que o CS excessivo nesses dias pode ser prejudicial à FE na primeira infância. Portanto, tais resultados sugerem que investigar os diferentes contextos em que os pré-escolares estão engajados no CS pode ser decisivo para garantir um perfil de FE melhorado das crianças, embora estratégias com foco na redução do CS nos primeiros estágios da vida devam ser uma prioridade.

# Estudo 3

## Associação entre sono e função executiva em crianças pré-escolares

### Resumo

Os primeiros anos da vida são determinantes para a regulação do sono, e um sono adequado nesse período está associado ao desenvolvimento saudável do córtex pré-frontal que é a base de sustentação para as funções executivas.

**Objetivo:** analisar a associação entre sono e função executiva por meio das medidas de Eficiência inversa e resposta inibitória em crianças com idade pré-escolar. **Métodos:** foram analisadas 83 pré-escolares (50,6% meninos, média de idade  $53,5 \pm 8,1$  meses). A função executiva foi avaliada por meio do paradigma Go / No Go da bateria *Early Tool Box – EYT* e para efeito de análise, foram consideradas a eficiência inversa de Go (EI; tempo de reação / acurácia Go) e a acurácia de No Go. Os dados do sono, sexo e idade foram coletados por meio de entrevista face a face com os pais das crianças. Para avaliar as associações entre sono e função executiva, considerando sexo e idade como covariáveis, foi realizado um modelo de equação estrutural, por meio de análise de regressão linear multivariada. **Resultados:** foi observado uma associação negativa entre Eficiência inversa e sono ( $b = -0,264$ ;  $p = 0,013$ ). O sexo e a idade apresentaram associações positivas com a Acurácia de No Go ( $b = 0,260$ ;  $p = 0,010$  e  $b = 0,304$ ;  $p = 0,002$ , sexo e idade respectivamente). **Conclusão:** em pré-escolares, maior tempo de sono foi preditor de uma melhor Eficiência inversa, mas não da resposta inibitória. Além disso, crianças mais velhas e do sexo feminino apresentaram maior capacidade de resposta inibitória.

**Palavras-chaves:** Sono; Função executiva; Eficiência inversa; Resposta inibitória; Pré-escolares.

## Introdução

O sono é um comportamento essencial à saúde, desde a infância (CHAPUT *et al.*, 2017b) até à vida adulta (ANOTHAISINTAWEE *et al.*, 2016). Os primeiros meses de vida são destinados à regulação fisiológica do sono de acordo com o ciclo circadiano. Por volta dos quatro meses de vida o sono da criança se estabiliza com noites de sono mais longas e cochilos diurnos, que tendem a se manter constantes até cerca de quatro anos de idade, declinando a partir dos cinco anos (IGLOWSTEIN *et al.*, 2003).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que crianças entre 3 e 4 anos devam acumular entre 10 e 13 horas de sono diárias (WHO, 2019). Aos 5 anos, a recomendação é de que as crianças durmam entre 9 e 11 horas por dia (PARUTHI *et al.*, 2016). Estudos prévios têm reportado que em países desenvolvidos como Canadá e Austrália, a grande maioria das crianças (> 80%) atende às recomendações de sono (CHAPUT *et al.*, 2017a; CLIFF *et al.*, 2017). No entanto, um estudo realizado no Brasil com crianças de baixa renda, demonstrou que apenas cerca de 20% dos pré-escolares atendem a tais recomendações (MARTINS *et al.*, 2020b).

Na primeira infância o sono está relacionado a vários desfechos de saúde (CHAPUT *et al.*, 2017b), incluindo o desenvolvimento saudável do cérebro (KURTH *et al.*, 2016). Em uma revisão sistemática recente, Dutil *et al.*, (2018) observaram que em crianças e adolescentes a privação de sono foi associada a um menor volume global do cérebro e menores volumes da massa cinzenta no córtex pré-frontal (DUTIL *et al.*, 2018), sugerindo que esta região cerebral é especialmente sensível ao sono (CHEE *et al.*, 2008). O córtex pré-frontal, responsável pela função executiva (FE) que tem o papel de organizar e coordenar comportamentos para a resposta de tarefas mais complexas, apresenta importantes picos de desenvolvimento durante a primeira infância (DIAMOND, 2002).

Diferentes estudos reportaram uma associação positiva entre sono e desempenho em habilidades da FE em crianças a partir dos seis anos de idade, adolescentes e adultos (LOWE; SAFATI; HALL, 2017). Em pré-escolares, os poucos resultados existentes, que em sua maioria dizem respeito a diferentes

aspectos da cognição (i.e. memória ou vocabulário), são ainda controversos (REYNAUD *et al.*, 2018). Por exemplo, Lam *et al.*, (2011) apresentaram uma associação negativa entre sono e FE em pré-escolares e ainda, resultados de um estudo de intervenção com privação de sono em crianças nessa faixa etária, demonstraram que a resposta inibitória das crianças foi melhor após a intervenção (SCHUMACHER *et al.*, 2017).

A resposta inibitória refere-se a capacidade de inibir uma ação que já estava acontecendo (ABDUL RAHMAN *et al.*, 2017), normalmente avaliado por meio do paradigma Go / No Go, que corresponde a uma tarefa de controle inibitório (WILLOUGHBY, MICHAEL T. *et al.*, 2012). Devido a imaturidade do córtex pré-frontal na primeira infância, a diferenciação entre as habilidades cognitivas que compõem a FE (memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva) é de extrema dificuldade (DIAMOND, 2013). Neste sentido, diferentes estudos têm utilizado os escores de Go/ No Go como medida de FE nessa população (WIEBE; SHEFFIELD; ESPY, 2012). A acurácia de Go corresponde a uma medida de seleção da atenção, o tempo de reação diz respeito à velocidade de processamento da informação (ANDERSON; NETTELBECK; BARLOW, 1997; WILLNER *et al.*, 2015), enquanto que o No Go é uma medida de resposta inibitória, onde a criança precisa inibir um comportamento contínuo (CARVER; LIVESEY; CHARLES, 2001). Adicionalmente, o cálculo da Eficiência inversa, que considera a compensação entre velocidade e precisão (tempo de reação e acurácia de Go), tem sido utilizado como uma importante medida de FE (VON SUCHODOLETZ; SLOT; SHROFF, 2017), partindo da premissa de que diferenças no tempo de reação diminuiriam se a diferença na precisão fosse grande, mas permaneceriam as mesmas se a precisão fosse idêntica (DING *et al.*, 2014).

O controle inibitório parece ser a habilidade da FE com maior expressão nessa fase da vida (WILLOUGHBY, MICHAEL T. *et al.*, 2012). Neste sentido, entender o papel do sono sobre as tarefas específicas exigidas nessa habilidade, pode ser uma possibilidade de explicar as divergências encontradas nos resultados de estudos realizados até o momento. Assim, este estudo objetivou analisar a associação entre sono e FE por meio das medidas de Eficiência inversa e resposta inibitória em crianças com idade pré-escolar.

## **Métodos**

### **Caracterização da amostra**

Este estudo transversal utilizou dados de linha de base do projeto "Movement's Cool", que tem como objetivo analisar as associações entre comportamentos de movimento e desfechos em saúde em pré-escolares (MARTINS *et al.*, 2020b).

### **População e amostra**

A educação pública pré-escolar de João Pessoa está organizada em nove polos, onde estão localizados oitenta e seis Centros de Referência em Educação Infantil (CREI). Destas, cinquenta e cinco instituições têm crianças matriculadas na faixa etária de 3 a 5 anos e dez instituições, localizadas em sua maioria em áreas de baixa renda de seis polos diferentes, aceitaram participar do estudo. Para o propósito deste estudo, três CREI localizados em três pólos diferentes foram convenientemente selecionados.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das áreas dos CREI varia de 0,4 a 0,5, 53,7% das mães ou pais estavam desempregados e mais de 39% das mães e 52% dos pais tinham concluído o 9º ano ou menos. Foram elegíveis crianças pré-escolares de 3 a 5 anos, de ambos os sexos, regularmente matriculadas nos CREI de João Pessoa, no ano de 2019. Todos os pais / crianças matriculadas com idades entre 3 e 5 anos foram convidados a participar.

### **Instrumentos de coleta**

#### **Sono**

Os pais relataram as horas noturnas normais de sono das crianças. Os mesmos foram solicitados a relembrar a média total de horas de sono de seus filhos da seguinte forma: "Nos dias de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?" e "Nos finais de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?". Esta abordagem foi usada recentemente em populações semelhantes (VALE; MOTA, 2020). As perguntas foram feitas separadamente para dias de semana e dias de fim de semana e combinadas para análises. Foi realizada uma média ponderada para o tempo de sono durante a semana e nos dias de fim de semana, calculada da seguinte

forma:  $((\text{Sono nos dias de semana} \times 5) + (\text{Sono nos dias de fim de semana} \times 2)) / 7$ . Para fins de análise considerou-se o tempo de sono noturno em minutos.

### Idade

Informações acerca da data de nascimento das crianças foram obtidas nas secretarias dos CREIs, de acordo com a ficha de registro de cada aluno. Para fins de análise, foi considerada a idade em meses.

### Função executiva

A FE foi avaliada usando *Early Years Toolbox* – EYT (HOWARD; MELHUIH, 2017), que é uma bateria de tarefas computadorizadas que foi desenvolvida para avaliar especificamente a FE de crianças de três a cinco anos. A bateria é composta por cinco tarefas avaliadas a partir de jogos em um aplicativo desenvolvido para *Ipads*: a) Mr. Ant: memória de trabalho visual-espacial; b) Não isto: memória operacional fonológica; c) Go / No Go: controle inibitório; d) Seleção de cartas: deslocamento e troca; e) Vocabulário Expressivo: desenvolvimento da linguagem. Os resultados são computados pelo número de respostas corretas para cada tarefa e enviados para um e-mail previamente cadastrado.

Embora existam três componentes principais da FE nesta faixa etária, o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva são complexos e difíceis de dissociar, pois compartilham processos comuns e não são completamente dissociáveis (DIAMOND, 2013). Dado que o primeiro pico de maturação cerebral é alcançado aos sete anos de idade, acredita-se que durante a primeira infância, esses componentes estão fortemente relacionados à inibição no nível representacional e / ou na manutenção dos objetivos (MIYAKE *et al.*, 2000). Um estudo de análise fatorial realizado por Wiebe *et al.*, (2008) mostrou que em pré-escolares, o controle inibitório é capaz de representar FE. Além disso, estudos anteriores mostraram que o teste Go / No Go pode ativar todo o córtex pré-frontal, e é uma tarefa mais robusta do que outras para estabelecer o desempenho de FE (SMITH *et al.*, 2017; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012).

Além disso, após a realização de um estudo piloto com mais de 50

crianças, observou-se que para avaliar os três domínios principais da FE (controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho), em nossas condições específicas de contexto, o tempo médio gasto para cada criança seria em torno de 45 minutos, levando muitas crianças (quase 25) a desistir do protocolo. Assim, para o propósito deste estudo, a tarefa de controle inibitório foi escolhida para representar o construto da FE.

O controle inibitório foi avaliado por meio da tarefa de Go/No Go, onde a criança precisa tocar a tela do dispositivo sempre que o estímulo Go for apresentado e inibir o toque sempre que o estímulo No Go for apresentado. Durante a tarefa, 75 estímulos aparecem na tela do *tablet* de forma aleatória, em três fases. Entre cada fase, o objetivo da tarefa é lembrado. Para a análise dos dados, foi atribuído um ponto para cada resposta correta, com pontuação variando de 0 a 75 pontos. Este protocolo apresenta valores de confiabilidade satisfatórios com  $\alpha = 0,95$  de Cronbrach (HOWARD; MELHUIH, 2017). Além do cálculo da acurácia de Go/No Go, para o presente estudo se utilizou o tempo médio de reação de Go, medidos em milissegundos.

Para fins de análise foi considerada a Eficiência inversa calculada pela razão entre o tempo de reação e a acurácia de Go. Esta medida tem sido usada recentemente em pesquisas de desempenho de função executiva para considerar as compensações entre velocidade e acurácia (VON SUCHODOLETZ; SLOT; SHROFF, 2017). Além disso, a acurácia de No Go (Ac-No Go), como uma medida de resposta inibitória, foi considerada para análise. No presente estudo, os valores de confiabilidade composta para Go / No-Go foi de 0,78, o que é considerado um valor adequado (VALENTINI; DAMÁSIO, 2016).

### **Procedimentos e desenho do estudo**

Todos os funcionários das escolas foram informados sobre os objetivos, protocolos e procedimentos da pesquisa em reuniões com o coordenador do projeto (uma sessão em cada escola) e concordaram em participar do presente estudo. Todas as crianças matriculadas nos CREI foram convidadas a participar.

As avaliações foram realizadas durante um período de 4 meses (agosto a outubro de 2019 e fevereiro a março de 2020). Todas as crianças autorizadas pelos pais através do termo de consentimento foram avaliadas. No primeiro dia,

os pais que autorizaram a participação de seus filhos foram convidados para uma reunião na escola e entrevistados individualmente. O tempo de sono foi coletado durante esta entrevista. No dia seguinte, foi realizada a avaliação da FE nas pré-escolas. Todas as avaliações foram conduzidas por professores de educação física e alunos de pós-graduação.

### **Tratamento dos dados**

Para caracterizar a amostra, foram utilizados média e desvio padrão, e a diferença entre os sexos foi verificada pelo teste t de Student. A presença de outliers univariados e multivariados foi verificada pela distância quadrada de Mahalanobis ( $D^2$ ). A normalidade das variáveis foi avaliada pelos coeficientes de assimetria (sk) e curtose uni e multivariada (ku). Possíveis multicolinearidades foram investigadas usando VIF (Variance Inflation Factor), e  $VIF > 5$  foi considerado um indicador de multicolinearidade (MARÔCO, 2010).

Para avaliar possíveis associações entre função executiva e sono, com sexo, idade como covariáveis, foi realizado um modelo de equação estrutural, utilizando análise de regressão linear multivariada. O método de máxima verossimilhança robusto foi usado (BYRNE, 2013). Foi utilizado o programa Mplus (versão 8.0), sendo considerados significativos valores de  $p < 0,05$ .

### **Aspectos éticos**

Todos os procedimentos foram aprovados pelo comitê da Universidade e pela Secretaria Municipal de Educação, de acordo com os aspectos éticos propostos na Declarações de Helsinki. O Comitê de Ética em Pesquisa do de Centro de Ciências da Saúde aprovou o estudo (parecer n. 4.102.806).

### **Resultados**

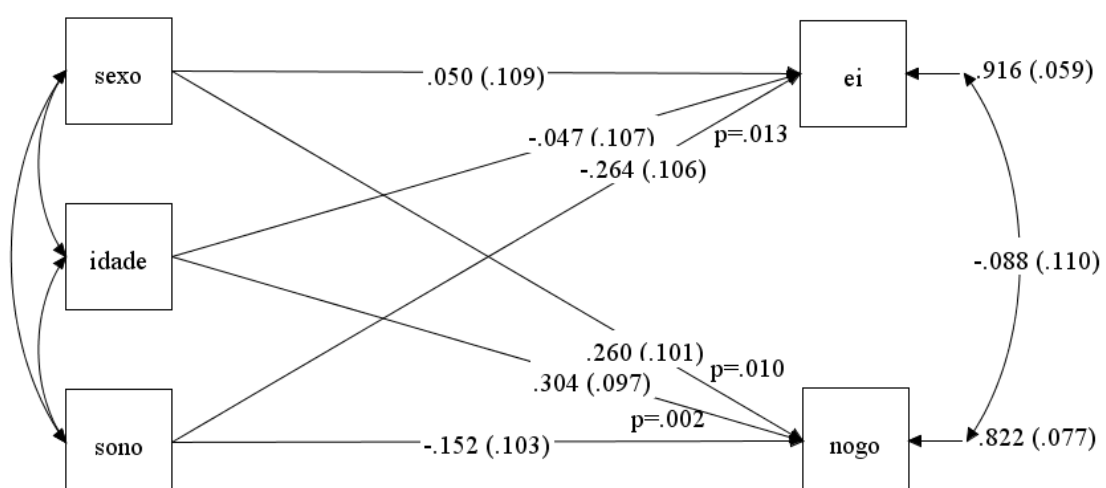
A amostra do presente estudo foi composta por 83 crianças (50,6% meninos). Os meninos apresentaram melhores valores de Tempo de reação em Go (-18,0 ms em média) e Eficiência inversa (-1,3 em média), enquanto que as meninas apresentaram maiores escores de Acurácia de No Go (+1,6 escores em média).

Tabela 1. Caracterização da amostra.

| Variáveis         | Meninos (n = 42) |             | Meninas (n = 41) |             | p            | Cohen's d     |
|-------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------------|---------------|
|                   | Média            | DP          | Média            | DP          |              |               |
| Idade (meses)     | 53,5             | 8,1         | 53,6             | 8,2         | 0,983        | -0.005        |
| Ac-Go (escore)    | 51,1             | 7,5         | 47,2             | 10,5        | 0,058        | 0.422         |
| RT-Go (ms)        | <b>283,3</b>     | <b>31,0</b> | <b>301,3</b>     | <b>31,4</b> | <b>0,010</b> | <b>-0.576</b> |
| IE (RT/Ac)        | <b>5,7</b>       | <b>1,3</b>  | <b>7,0</b>       | <b>3,4</b>  | <b>0,022</b> | <b>-0.511</b> |
| Ac-No Go (escore) | <b>9,7</b>       | <b>3,5</b>  | <b>11,3</b>      | <b>3,1</b>  | <b>0,025</b> | <b>-0.502</b> |
| Sono (minutos)    | 545,7            | 46,5        | 565,6            | 48,8        | 0,062        | -0,416        |

Ac-Go = Acurácia de Go; RT-Go = Tempo de reação em Go; Ac-No Go = Acurácia de No Go; Valores estatisticamente significantes em negrito ( $p < 0.05$ ).

Observou-se uma associação negativa entre Eficiência inversa e sono (-0,264), indicando que quanto maior o tempo de sono das crianças melhor sua Eficiência inversa. Adicionalmente, o sexo e a idade apresentaram associações positivas com a Acurácia de No Go (0,260 e 0,304, respectivamente). O modelo apresentado na figura 1 explica 8,4% da variabilidade na Eficiência inversa e 17,8% da variabilidade na Acurácia de No Go.



Legenda: ei = Eficiência inversa; nogo = Acurácia de No Go.

Figura1. Associação entre função executiva, sexo, idade e sono em crianças pré-escolares.

## Discussão

O presente estudo objetivou analisar a associação entre sono e FE por meio das medidas de Eficiência inversa e resposta inibitória em pré-escolares, e considerou o sexo e a idade como variáveis intervenientes. O principal resultado deste estudo demonstrou que crianças com maior tempo de sono noturno apresentam melhor Eficiência inversa. Não foi observada associação entre sono e resposta inibitória.

A FE faz parte de um conjunto de habilidades cognitivas de ordem superior, que têm como base de sustentação o córtex pré-frontal. Em adultos, a atividade desta região cerebral se apresenta sensível a alterações no sono (CHEE *et al.*, 2008). Um estudo recente, que analisou a relação entre estruturas cerebrais, sono e cognição em mais de 11 mil crianças de 9 a 11 anos de idade, observou que o sono é fortemente associado com o volume e área cerebral, dentre elas o córtex pré-frontal, e também com a execução de tarefas cognitiva (CHENG *et al.*, 2020).

De fato, o sono irregular parece estar associado a alterações na mielinização da substância branca do cérebro, sugerindo que alterações no conteúdo de mielina podem comprometer as funções cerebrais, já que a mielina desempenha um papel fundamental no potencial de velocidade de ação do sistema nervoso central (DUTIL *et al.*, 2018). Estudos que utilizaram a técnica de eletroencefalograma em crianças na primeira infância, verificaram que o sono irregular está associado com maiores latências de P3, que por sua vez estão associadas à dificuldades de manutenção da atenção (HOYNIK *et al.*, 2015). Além disso, em crianças e adolescentes, um sono inadequado parece se associar a um menor volume de massa cinzenta no córtex pré-frontal dorsolateral (DUTIL *et al.*, 2018). Neste sentido, os resultados encontrados no presente estudo reforçam a ideia de que o sono adequado parece influenciar positivamente estruturas do cérebro que estão diretamente relacionadas com tarefas relativas à Eficiência inversa.

A resposta inibitória, ou seja, a capacidade de inibir uma resposta motora em andamento (ABDUL RAHMAN *et al.*, 2017), emerge e se desenvolve rapidamente entre os três e seis anos de idade (WIEBE; SHEFFIELD; ESPY,

2012), sendo, já nessa idade, associada a desordens mentais (WRIGHT *et al.*, 2014), além de ser preditora da resposta inibitória durante a adolescência (GIEDD *et al.*, 1999). O presente estudo não encontrou nenhuma associação significativa entre o sono e a resposta inibitória. Atribui-se a esse resultado a baixa faixa etária das crianças analisadas, uma vez que essa capacidade ativa a região do córtex pré-frontal para sua realização (ABDUL RAHMAN *et al.*, 2017) e o mesmo apresenta picos de velocidade de amadurecimento nessa fase da vida (FUSTER, 2015). Além disso, a capacidade de suprimir respostas motoras vai aumentando gradativamente (SIMPSON; RIGGS, 2006; 2011). Corroborando com tal achado, no presente estudo foi observado uma associação positiva entre a idade e a resposta inibitória, indicando que quanto mais velhas as crianças eram, maior era sua habilidade de inibir a resposta motora.

Analisar as diferenças individuais, como idade e sexo pode auxiliar nas estratégias de intervenção para ganhos na FE de crianças pré-escolares. Os resultados deste estudo indicaram ainda que meninas apresentam melhor resposta inibitória do que meninos. Nesta faixa etária, as regiões cerebrais responsáveis pela realização de tarefas de resposta inibitória parecem maturar mais rapidamente em meninas. Em um estudo longitudinal com crianças pré-escolares, Wiebe *et al.*, (2012) observaram que diferenças na resposta inibitória entre os sexos não existe ainda em crianças de três anos de idade, no entanto a partir dos quatro anos ela aparece e tende a se manter na idade adulta (LI *et al.*, 2009). Tal resultado sugere que intervenções para ganhos na resposta inibitória, e consequentemente na FE, a partir dos quatros anos de idade, devem fazer alguma diferenciação entre meninos e meninas, de forma a estimular que os meninos possam ter um maior amadurecimento do córtex pré-frontal e assim diminuir essa diferença nas habilidades de FE.

Embora o presente estudo apresente como limitação o seu pequeno tamanho amostral, é preciso considerar que o mesmo analisou crianças de baixa renda, em um país em desenvolvimento, tendo em vista que a grande maioria dos estudos nessa área são com crianças de países desenvolvidos e com crianças de alta renda, uma vez que estudos prévios demonstraram que o sono da criança é influenciado pelo poder socioeconômico da família (ZHANG *et al.*, 2010). Além disso, analisou separadamente os componentes do paradigma Go/

No Go e utilizou um indicador que considera a capacidade da criança de responder corretamente o mais rápido possível. Contudo, uma outra limitação do presente estudo está na mensuração do sono, feita de maneira subjetiva, relatada pelos pais. Nesse sentido, medidas objetivas, embora difíceis de se realizar nessa população, devem ser utilizadas em futuras pesquisas.

## **Conclusão**

Em crianças pré-escolares, o sono foi preditor da Eficiência inversa, mas não da resposta inibitória, reforçando que diferentes tarefas da FE podem apresentar associações diferentes com o sono. Além disso, crianças mais velhas e do sexo feminino apresentaram maior capacidade de resposta inibitória. Tais resultados sugerem que intervenções que visem melhorar a FE de crianças pré-escolares devem considerar o papel do sono, especialmente para as habilidades de processamento da informação e manutenção da atenção. Por outro lado, idade e sexo, devem ser considerados para ganhos na resposta inibitória.

# Estudo 4

## **Comportamento do movimento de 24 horas e função executiva em pré-escolares: uma análise composicional e de realocação isotemporal**

### **Resumo**

A adesão a comportamentos saudáveis promove vários benefícios à saúde em crianças pré-escolares, incluindo sobre a função executiva (FE). Recentemente, o poder preditivo da composição dos comportamentos de movimento de 24 horas sobre os resultados de saúde foi evidenciado; no entanto, sua relação com a FE em pré-escolares é desconhecida. Assim, o presente estudo teve dois objetivos: 1) analisar as associações entre a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas e a FE de pré-escolares; e 2) investigar as mudanças teóricas na FE quando o tempo em diferentes comportamentos de movimento é realocado. Este estudo transversal foi realizado com 123 pré-escolares (3 a 5 anos) de baixo nível socioeconômico. A atividade física (AF) e o comportamento sedentário (CS) foram avaliados por meio de uso de acelerômetro por 7 dias, o tempo de sono foi obtido por meio de entrevistas com os pais e a FE medida por meio da bateria *Early Tool Box*. Para verificar a associação entre os comportamentos de movimento de 24h e FE, foi utilizada a análise de composicional dos dados e, para realocação do tempo foi utilizada a análise de substituição composicional isotemporal. Observou-se que a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas foi positivamente associada à FE ( $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,34$ ), e que realocar 5, 10, 15 ou 20 minutos de sono e AFL para AFMV, respectivamente, foi associada com melhorias significativas na FE ( $p < 0,05$ ). Esses achados fornecem uma visão até então desconhecida sobre a relação entre os comportamentos de movimento de 24 horas e FE em crianças pré-escolares e merece a consideração de pesquisadores e profissionais que buscam melhorar a FE nessa faixa etária.

**Palavras-chaves:** Comportamentos de movimento; Função executiva; Análise composicional; Pré-escolares.

## Introdução

A adesão a comportamentos de movimento saudáveis, como acúmulo de atividade física (AF) adequada, tempo de sono suficiente e de boa qualidade e baixa exposição ao comportamento sedentário (CS), desde a primeira infância podem promover benefícios que podem se estender por toda a vida (VAN DE STRAAT *et al.*, 2020). Evidências recentes sugerem que, na primeira infância, a AF está relacionada a um perfil cardiometabólico, físico e psicossocial mais saudável, bem como a melhora do desenvolvimento motor e cognitivo (CARSON; TREMBLAY; CHASTIN, 2017), especialmente na função executiva (FE).

A FE é uma série de processos cognitivos, tais como memória, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, responsáveis por organizar e coordenar comportamentos para realizar tarefas complexas, principalmente aquelas que fogem da rotina (DIAMOND, 2016). Tais componentes estão fortemente relacionados à inibição para manutenção dos objetivos da tarefa (MIYAKE *et al.*, 2000). Na primeira infância, devido à imaturidade do córtex pré-frontal, o controle inibitório pode representar a FE (WIEBE; ESPY; CHARAK, 2008), e as melhorias neste componente estão relacionadas ao desenvolvimento cognitivo, social e emocional (DIAMOND, 2016).

Resultados de estudos transversais sugerem uma associação positiva entre AF e FE na primeira infância (WILLOUGHBY; WYLIE; CATELLIER, 2018). De fato, o papel da AF na angiogênese, sinaptogênese, neurogênese e na regulação de uma série de fatores neurotróficos é bem conhecido (KHAN; HILLMAN, 2014). Além disso, durante o sono, mecanismos fisiológicos, como os processos de compensação sináptica, podem melhorar a neuroplasticidade, fenômeno essencial para consolidar as habilidades de memória (TONONI; CIRELLI, 2014), um dos componentes da FE. Por outro lado, o CS afeta negativamente a substância branca do cérebro, que está relacionada aos processos cognitivos (HUTTON *et al.*, 2020).

No entanto, na primeira infância, uma revisão sistemática demonstrou que ainda é incipiente concluir a força e a direção da associação entre AF e FE (CARSON *et al.*, 2016), pois os resultados anteriores existentes são divergentes

(COOK *et al.*, 2019). Da mesma forma, existem evidências conflitantes em relação ao sono e FE em idades precoces (REYNAUD *et al.*, 2018), e a associação entre CS e FE pode variar de acordo com o tipo de CS que as crianças realizam (CARSON *et al.*, 2015).

Os primeiros anos de vida é um período chave para o desenvolvimento da FE, considerando que uma maturação ascendente do córtex pré-frontal ocorre entre os três e os sete anos de idade, e a FE pode ser influenciada por vários fatores, incluindo os comportamentos de movimento (DIAMOND, 2016). Dado que os comportamentos de movimento estão inter-relacionados, os benefícios para a saúde podem ser otimizados quando todos os componentes dos comportamentos de movimento são considerados (CHAPUT *et al.*, 2014). De fato, estudos recentes usaram uma abordagem composicional para entender as associações entre comportamentos de movimento e resultados de saúde, e como a realocação do tempo gasto nesses comportamentos, restrito a um período de 24 horas, pode afetar vários desfechos (CHASTIN *et al.*, 2015).

Assim, considerar os comportamentos de movimento de forma isolada é uma abordagem falha, visto que os comportamentos de movimento são necessariamente limitados a 1440 minutos por dia. Todos os comportamentos de movimento incumbentes coexistem como um todo ou composição e, portanto, o tempo gasto em um comportamento afeta e é afetado por outros comportamentos durante o tempo restante do dia (DUMUID *et al.*, 2019). No entanto, até onde os autores têm conhecimento, nenhum estudo analisou como a composição desses comportamentos está relacionada à FE na primeira infância. Essas informações são fundamentais para o desenvolvimento infantil, considerando que a FE na primeira infância é um preditor de sucesso acadêmico nos anos escolares subsequentes, qualidade de vida, aptidão física e realização pessoal na vida adulta (MOFFITT *et al.*, 2011).

Assim, os objetivos deste estudo foram: 1) analisar as associações entre a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas e a FE de pré-escolares; e 2) investigar mudanças previstas na FE quando o tempo em diferentes comportamentos é realocado. Nossa hipótese é que a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas está mais fortemente associada

à FE do que os comportamentos isolados, e que realocar o tempo de outros comportamentos para o tempo na atividade física moderada a vigorosa (AFMV) melhora a FE das crianças.

## **Métodos**

### **Caracterização da pesquisa**

Este estudo transversal utilizou dados de linha de base do projeto "Movement's Cool", que tem como objetivo analisar as associações entre comportamentos de movimento e desfechos em saúde em pré-escolares (MARTINS *et al.*, 2020b).

### **População e amostra**

Foram elegíveis crianças pré-escolares de três a cinco anos, de ambos os sexos, regularmente matriculadas em 2019 nos Centros de Referência em Educação Infantil (CREIs) de João Pessoa. João Pessoa é uma grande cidade litorânea no nordeste do Brasil, com uma mistura de famílias de baixa e média renda.

A zona de educação pública pré-escolar está organizada em nove polos, onde estão localizados oitenta e seis CREIs. Destes, cinquenta e cinco instituições têm crianças matriculadas na faixa etária de três a cinco anos e dez instituições, localizadas em sua maioria em áreas de baixa renda de seis polos diferentes, aceitaram participar do estudo. Para o propósito deste estudo, dois CREIs localizados em dois pólos diferentes foram convenientemente selecionados. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das áreas dos CREIs varia de 0,4 a 0,5, 53,7% das mães ou pais estavam desempregados e mais de 39% das mães e 52% dos pais tinham concluído o 9º ano ou menos. Todos os pais/crianças registradas com idades entre três e cinco anos foram convidados a participar.

### **Instrumentos de coleta**

#### **Comportamentos de movimento**

A AF foi avaliada objetivamente por meio da acelerometria (Actigraph, modelo WGT3-X, Flórida). Os professores da pré-escola e os pais/responsáveis

receberam instruções verbais e escritas para o uso correto do acelerômetro, incluindo a colocação e o posicionamento correto. Além disso, ao longo da semana, os pais receberam três ligações para lembrá-los do uso do acelerômetro. A inicialização do dispositivo, redução de dados e análise foram realizadas usando o software ActiLife (versão 6.13.3).

Os participantes foram orientados a usar o acelerômetro no quadril direito por sete dias consecutivos (quarta de manhã a terça à tarde). As crianças foram autorizadas a remover o dispositivo durante atividades aquáticas e durante o sono (à noite). No período pré-escolar, os acelerômetros eram retirados pelos professores por volta das 11 horas da manhã para o banho das crianças e fixados adequadamente após o banho. Os acelerômetros foram configurados para medir a aceleração a uma taxa de amostragem de 100 Hz e analisados como *counts*, usando um *epoch* de 15 segundos, e reintegrados a *epochs* de 60 segundos para análise. Períodos de  $\geq 20$  min de *counts* zero consecutivos foram definidos como tempo sem uso e removidos da análise, e o primeiro dia de dados do acelerômetro foi omitido da análise para evitar a reatividade do sujeito. Foram considerados válidos dados com mínimo de três dias (um final de semana e dois dias de semana), com mínimo de oito horas de uso. O tempo médio de uso foi de 10,9 horas ( $DP \pm 1,4h$  de tempo de uso entre as crianças).

O tempo gasto nos domínios de AF de intensidade comumente definidos como leve, moderada e vigorosa e CS foi estimado usando os pontos de corte do vetor magnitude proposto por Butte *et al.*, (2014). As intensidades de AF foram definidas como leve 820 a 3,907 *counts*, intensidade moderada como 3,908 a 6,111 *counts* e intensidade vigorosa como  $> 6,112$  *counts*. A quantidade de tempo gasto em CS foi estimada em  $\leq 819$  *counts*.

Os pais relataram as horas diárias normais de sono das crianças. Os pais foram solicitados a lembrar a média total de horas que seu filho dorme da seguinte forma: "Nos dias de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?" e "Nos finais de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?". Essa abordagem foi usada recentemente em populações semelhantes (VALE; MOTA, 2020). As perguntas foram feitas separadamente para dias de semana e dias de fim de semana e combinadas

para análises. Foi realizada uma média ponderada para o tempo de sono durante a semana e nos dias de fim de semana, calculada da seguinte forma:  $((\text{Sono nos dias de semana} \times 5) + (\text{Sono nos dias de fim de semana} \times 2)) / 7$ .

### Função executiva

A FE foi avaliada por meio do *Early Years Toolbox – EYT* (HOWARD; MELHUIH, 2017), que é uma bateria de tarefas computadorizadas desenvolvida para avaliar especificamente a FE de crianças de três a cinco anos. A bateria é composta por cinco tarefas avaliadas a partir de jogos em um aplicativo desenvolvido para *Ipads*: a) Mr. Ant: memória de trabalho visual-espacial; b) Não isto: memória operacional fonológica; c) Go / No Go: controle inibitório; d) Seleção de cartas: deslocamento e mudança; e) Vocabulário Expressivo: desenvolvimento da linguagem. Os resultados são computados pelo número de respostas corretas para cada tarefa e enviados para um e-mail previamente cadastrado.

Embora existam três componentes principais da FE, nesta faixa etária o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva são complexos e difíceis de dissociar, pois compartilham processos comuns e não são completamente dissociáveis (DIAMOND, 2013). Visto que o primeiro pico de maturação cerebral é alcançado aos sete anos, acredita-se que na primeira infância esses componentes estejam fortemente relacionados à inibição no nível representacional e/ou na manutenção de objetivos (MIYAKE *et al.*, 2000). Um estudo de análise fatorial realizado por Wiebe *et al.*, (WIEBE; ESPY; CHARAK, 2008) mostrou que em pré-escolares o controle inibitório é capaz de representar a FE. Além disso, estudos anteriores mostraram que o teste Go / No Go pode ativar todo o córtex pré-frontal (a região do cérebro considerada a base de suporte para FE), e é uma tarefa mais robusta do que outras para estabelecer o desempenho de FE (SMITH *et al.*, 2017; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012).

Além disso, após a realização de um estudo piloto com mais de 50 crianças, observou-se que para avaliar os três domínios principais da FE (controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho), em nossas condições específicas de contexto, o tempo médio gasto para cada criança seria em torno de 45 minutos, levando muitas crianças (quase 25) a desistir do

protocolo. Assim, para o propósito deste estudo, a tarefa de controle inibitório foi escolhida para representar o construto da FE.

O controle inibitório foi indexado por uma pontuação de controle de impulso que representa o produto da acurácia de Go e No Go, representando a força da resposta prepotente ao tap sempre que um teste No Go é apresentado, em relação à sua capacidade de suprimir essa resposta. A tarefa Go / No Go consiste em tocar na tela e “pegar o peixe” e “não pegar o tubarão”. Durante a tarefa, 75 peixes e tubarões aparecem na tela do *tablet* de forma aleatória, em três fases. Entre cada fase, o objetivo da tarefa é lembrado. Para a análise dos dados, foi atribuído um ponto para cada resposta correta, com pontuação variando de 0 a 75 pontos. Este protocolo apresenta valores de confiabilidade satisfatórios com  $\alpha$  de Cronbach = 0,95 (HOWARD; MELHUISE, 2017).

#### Variáveis antropométricas

A estatura (cm) e o peso (kg) foram determinadas por meio de um estadiômetro Holtain e por balança digital (Seca 708), enquanto o participante estava com roupas leves e descalço, seguindo o procedimento padronizado (WHO, 1995). O índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se o peso corporal pelo quadrado da altura em metros ( $\text{kg} / \text{m}^2$ ).

#### **Procedimentos e desenho do estudo**

Todos os funcionários das escolas foram informados sobre os objetivos, protocolos e procedimentos da pesquisa em reuniões com o coordenador do projeto (uma sessão em cada escola) e concordaram em participar do presente estudo. As crianças matriculadas nos CREI's foram convidadas a participar. Professores de educação física e alunos de pós-graduação previamente treinados conduziram o estudo.

As avaliações foram realizadas durante um período de três meses (agosto a outubro de 2019). Todas as crianças autorizadas pelos pais através do termo de consentimento foram avaliadas. A administração da escola forneceu todos os dados sociodemográficos (idade das crianças, data de nascimento, contato dos pais e endereço). Os pais foram convidados para uma reunião na escola e entrevistados individualmente. O tempo de sono foi coletado durante esta

entrevista. Os pais também foram informados sobre o uso do acelerômetro. No dia seguinte, foram avaliados os dados antropométricos e a FE nas pré-escolas, e o acelerômetro foi colocado nas crianças participantes, que o utilizaram durante sete dias consecutivos.

### **Tratamento dos dados**

As análises de dados composicionais, ou CoDA, foram conduzidas em R (<http://cran.r-project.org>) usando os pacotes *composition* (versão 1.40-1), *robCompositions* (versão 0.92-7) e *lmtree* (versão 0.9-35).

Estatísticas descritivas padrão e composicionais foram computadas para comparação; onde, alternada à média aritmética padrão, a média composicional é obtida, em primeiro lugar, computando a média geométrica para cada comportamento individual (tempo gasto no sono, CS, AFL [Atividade Física Leve] e AFMV) e posteriormente normalizado os dados para a mesma constante que os dados brutos, ou seja, 1. Esta medida é coerente com a escala relativa e simétrica dos dados (AITCHISON, 1982), enquanto as medidas estatísticas univariadas de dispersão, por exemplo o desvio padrão, não são coerentes com a natureza multivariada interdependente intrínseca de dados composicionais. Assim, a dispersão multivariada da composição do dia foi descrita usando a variância *pairwise log-ratio* (CHASTIN *et al.*, 2015). A variabilidade dos dados foi resumida em uma matriz de variação que contém todas as variâncias *pairwise log-ratio*, onde um valor próximo a zero indica que o tempo gasto em dois respectivos comportamentos são altamente proporcionais, enquanto um valor próximo a 1 indica o oposto.

Foi adotada uma abordagem composicional baseada em uma transformação de dados de razão logarítmica isométrica (ilr), adaptada de Hron, Filzmoser and Thompson (2012) (ver Mota *et al.*, (2020)) para ajustar adequadamente os modelos para o tempo gasto nos outros comportamentos. Resumidamente, as coordenadas ilr foram criadas usando um processo de partição binária sequencial (SBP) (EGOZCUE; PAWLOWSKY-GLAHN, 2005), que foram obtidas particionando a composição, onde um conjunto é designado para aparecer no numerador da primeira coordenada ilr, e o outro no denominador, a seguir, um dos conjuntos construídos anteriormente é

posteriormente particionado em dois conjuntos, novamente codificando as partes para estarem no numerador (+1), no denominador (-1) e nas partes não envolvidas (0). Os ilr's finais foram construídos como razões logarítmicas normalizadas da média geométrica das partes (DUMUID *et al.*, 2019).

As covariáveis (idade, IMC e sexo) foram incluídas adicionalmente como variáveis explicativas. Os modelos de regressão linear múltipla ilr foram posteriormente verificados quanto à linearidade, normalidade, homocedasticidade e outliers para garantir que as suposições não fossem violadas. A significância da composição do comportamento da atividade (ou seja, o conjunto de coordenadas ilr) foi examinada com a função 'car :: Anova ()', que usa o Chi quadrado de Wald para calcular os testes do Tipo II, de acordo com o princípio da marginalidade, testando cada covariável após todas as outras. Os modelos de regressão linear múltipla ilr foram usados para prever diferenças nas variáveis de resultado associadas à realocação de uma duração fixa de tempo entre os comportamentos de atividade, enquanto o terceiro e o quarto permaneceram inalterados. Isso foi conseguido criando sistematicamente uma gama de novas composições de atividade para imitar a realocação de 5, 10, 15 e 20 minutos, respectivamente, entre todos os pares de comportamento de atividade, usando a composição média da amostra como linha de base ou composição inicial.

As novas composições foram expressas como conjuntos de coordenadas ilr, e cada uma subtraída das coordenadas ilr da composição média, para gerar diferenças ilr. Essas diferenças ilr (representando uma realocação entre dois comportamentos) foram usadas para determinar as diferenças estimadas (IC de 95%) em todos os resultados. As previsões foram repetidas para realocações aos pares de 5, 10, 15 e 20 minutos, respectivamente, com base em estudos anteriores (DUMUID *et al.*, 2019; MOTA *et al.*, 2020). A justificativa para iniciar a realocação em 5 minutos é baseada no fato de que as diretrizes de AF revisadas em 2019 para o Reino Unido (CARE, 2019) removeram a duração mínima de *bouts* de 10 minutos para todas as faixas etárias, e especificamente para crianças, uma vez que não há evidências suficientes para isso.

### **Aspectos éticos**

Todos os procedimentos foram aprovados pelo comitê de ética da universidade e pelo conselho de educação. Os aspectos éticos das Declarações de Helsinque foram seguidos. O Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (protocolo n. 2.727.698) e o conselho local de educação aprovaram o estudo.

## Resultados

Um total de 168 crianças foram convidadas a participar do estudo, 126 apresentaram o aceite dos pais, dessas, três não completaram todo o protocolo. Assim, foram avaliadas 123 crianças (50,4% do sexo feminino,  $55,2 \pm 9,2$  meses de idade). As estatísticas descritivas da proporção de tempo gasto nos quatro comportamentos são detalhadas na Tabela 1, indicando que a quantidade relativa média de tempo gasto em AFMV é subestimada pela média aritmética, em relação à alternativa composicional, em até 2% do dia (equivalente a ~ 28 minutos).

**Tabela1.** Estatística descritiva do tempo despendido em cada comportamento.

|                            | Sono                    | CS                 | AFL                  | AFMV                | FE       |
|----------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------|
| <b>Min/dia - média</b>     | 683.6<br>(180.5)        | 454.6<br>(147.2)   | 250.9 (47.3)         | 50.9 (23.1)         | -        |
| <b>Média aritmética</b>    | 0.47<br>(0.13)<br>[47%] | 0.31 (10)<br>[31%] | 0.18 (0.03)<br>[18%] | 0.03 (0.01)<br>[3%] | 63 (9.6) |
| <b>Média composicional</b> | 0.43<br>[43%]           | 0.32<br>[32%]      | 0.20<br>[20%]        | 0.05<br>[5%]        | -        |

Min/dia: minutos por dia; CS: comportamento sedentário; AFL: atividade física leve; AFMV: atividade física moderada à vigorosa; FE: função executiva. Os dados são apresentados em média (Desvio padrão (DP) [% tempo por dia]), exceto para "Média composicional" que não inclui DP.

A variabilidade dos dados é resumida na matriz de variação (Tabela 2) contendo todas as variâncias *pairwise log-ratio*; destacando que a maior variância da razão logarítmica envolveu AFMV e o CS, sugerindo que o tempo gasto em AFMV é o menos co-dependente do CS.

**Tabela 2. Matrix de variância *Pairwise log-ratio*.**

|      | Sono | CS   | AFL  | AFMV |
|------|------|------|------|------|
| Sono | 0.00 |      |      |      |
| CS   | 0.18 | 0.00 |      |      |
| AFL  | 0.09 | 0.11 | 0.00 |      |
| AFMV | 0.19 | 0.24 | 0.09 | 0.00 |

CS: comportamento sedentário; AFL: atividade física leve; AFMV: atividade física moderada à vigorosa. Um valor aproximado de “0” indica alta proporcionalidade entre os pares de comportamentos, enquanto um valor próximo de “1” indica o oposto.

Os dados foram examinados inicialmente por meio de regressão linear, para cada comportamento de movimento de forma independente. Os resultados destacaram que a AFL e a AFMV previram significativamente os escores de FE (Tabela 3).

**Tabela 3. Associações entre os comportamentos de movimento e a função executiva.**

|                         | <b>Sono</b>       | <b>p</b>               | <b>CS</b>         | <b>p</b>               | <b>AFL</b>        | <b>p</b>               | <b>AFMV</b>       | <b>p</b>               |
|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
|                         | <b>B [IC 95%]</b> | <b>(r<sup>2</sup>)</b> | <b>B [IC 95%]</b> | <b>(r<sup>2</sup>)</b> | <b>B [IC 95%]</b> | <b>(r<sup>2</sup>)</b> | <b>B [IC 95%]</b> | <b>(r<sup>2</sup>)</b> |
| <b>Função Executiva</b> | -0,03             | 0,79                   | 0,21              | 0,11                   | -0,31             | <b>0,02 *</b>          | -0,21             | <b>0,04 *</b>          |
|                         | [-0,29; 0,23]     | (0,001)                | [-0,04; 0,47]     | (0,04)                 | [-0,55; -0,05]    | (0,09)                 | [-0,42; -0,009]   | (0,04)                 |

Nota. Análise ajustada por idade, IMC e sexo. B: coeficiente Beta; IC: intervalo de confiança; CS: comportamento sedentário; AFL: atividade física leve; AFMV: atividade física moderada à vigorosa; \*significância em  $p < 0,05$ .

Quando os dados foram considerados como uma composição, ajustados para idade, IMC e sexo, a composição previu a FE significativamente ( $p < 0,0001$ ;  $r^2 = 0,34$ ). Além disso, os resultados da análise isotemporal mostraram que a FE melhorou significativamente com a realocação de 5, 10, 15 ou 20 min de AFL para AFMV. No entanto, a realocação de 5, 10, 15 ou 20 minutos de sono para AFL, ou de AFMV para sono, foi associada a uma redução significativa da FE. A substituição de 15 ou 20 minutos de sono por comportamento sedentário foi associada a uma redução significativa da FE.



## Discussão

Este estudo buscou investigar a associação entre comportamentos de movimento de 24 horas e a FE de pré-escolares, além de discernir o efeito da substituição isotemporal dos comportamentos de movimento. Os principais achados deste estudo mostraram que, quando analisados por meio de regressão linear tradicional, AFMV isoladamente foi negativamente associada com FE, enquanto nenhuma associação foi observada para o tempo de sono ou CS. No entanto, ao se considerar os comportamentos como uma composição de movimentos de 24 horas, associações positivas significativas foram observadas de tal forma que podem explicar 34% da variação da FE em pré-escolares.

As evidências sobre a associação entre AFMV e FE nessas idades são escassas e limitadas. Uma revisão sistemática recente sugeriu uma associação positiva entre AF e desenvolvimento cognitivo (CARSON *et al.*, 2016), e os autores incluíram efeitos benéficos em pelo menos uma habilidade do domínio de FE ou domínio da linguagem. No entanto, seis dos sete estudos incluídos foram classificados de baixa qualidade com alto risco de viés. Em um estudo transversal recente que observou associações entre AF e CS medidas objetivamente e habilidades de FE em pré-escolares, Willoughby e colaboradores (2018) mostraram que AFMV estava inversamente relacionado ao desempenho (acurácia) em tarefas de FE ( $B = -0,28$ , IC 95% =  $-0,50$ ;  $-0,06$ ). Além disso, os autores afirmam que diversos fatores intervenientes podem contribuir para os resultados observados, como comportamentos de hiperatividade. Cook *et al.*, (2019) em pré-escolares sul-africanos de baixa renda, relataram que a AF não se associou ao controle inibitório e reforçaram que essa associação pode ser limitada aos contextos e às atividades realizadas (DIAMOND; LING, 2016).

Vale ressaltar que as crianças avaliadas passam 10 horas/dia nas escolas, das quais 50min/dia (abaixo do recomendado) são de AFMV medidas objetivamente. Portanto, o tempo despendido em movimento durante o tempo de vigília pode não ser suficiente para promover a aptidão cardiorrespiratória, que está intimamente relacionada à FE em pré-escolares (NIETO-LOPEZ *et al.*, 2020). No entanto, nossos dados mostraram que realocando qualquer tempo

acima de 5 minutos de sono ou AFL para AFMV, melhorias na FE de pré-escolares foram evidentes. Esse achado reforça uma questão importante a respeito da AFL nessas idades, pois quanto maior a intensidade da AF, maior é o desempenho nos diferentes domínios da FE, possivelmente devido aos benefícios proporcionados pelo aumento do fluxo sanguíneo no cérebro (KHAN; HILLMAN, 2014).

Além disso, embora uma revisão sistemática recente tenha relatado uma associação positiva fraca entre sono e FE em pré-escolares (REYNAUD *et al.*, 2018), como um único comportamento, nenhuma associação foi observada neste estudo. As crianças avaliadas neste estudo passam dez horas por dia na escola e, durante o horário escolar têm cochilos diários de aproximadamente 2 horas. Lam *et al.*, (2011) demonstraram que crianças que cochilam durante o dia dormem menos à noite, e que aquelas que dormem menos à noite cometem mais erros impulsivos em um teste computadorizado de Go/ No Go. Os autores levantaram a hipótese de que o cochilo diário é um marcador para o desenvolvimento do cérebro, de modo que as crianças que cochilam menos têm cérebros mais maduros e, portanto, têm um melhor desempenho na função neurocognitiva.

Da mesma forma, as associações entre CS e FE, ou mesmo com outras variáveis relacionadas à cognição, são divergentes, com alguns estudos relatando associação negativa (LÓPEZ-VICENTE *et al.*, 2017) e outros, positiva (CARSON *et al.*, 2015). A realocação de mais de 15 minutos do sono para o CS pode ser prejudicial à FE de pré-escolares. Embora no presente estudo os autores não tenham sido capazes de diferenciar o tempo que as crianças estão cochilando ou acordadas enquanto estão deitadas, ou mesmo o tipo de atividade que as crianças realizam durante o CS, sabe-se que durante o sono ocorre um processo de compensação sináptica que acaba melhorando a neuroplasticidade, que pode ser fundamental para a consolidação da memória (TONONI; CIRELLI, 2014), que é uma das principais habilidades da FE. Talvez, por esse motivo, realocar o tempo de sono para AFMV tenha sido mais importante para FE do que realocar CS. Além disso, as atividades realizadas durante o CS podem ser direcionadas para a aprendizagem, o que justificaria o aumento da FE (CARSON *et al.*, 2015).

Adicionalmente, em idades pré-escolares, o CS parece afetar negativamente a substância branca do cérebro (HUTTON *et al.*, 2020), o que está relacionado a processos cognitivos, incluindo FE. Considerando que a mielinização dos tratos de substância branca e, conseqüentemente, a eficiência da condução do sinal são altamente sensíveis aos fatores ambientais (FORBES; GALLO, 2017), é possível que longos períodos em CS possam ter um impacto negativo na FE infantil. No entanto, o tempo gasto em CS deve ser interpretado com cautela. De fato, o tipo de atividade promovida pode provocar efeitos positivos ou negativos na FE infantil (atividades que promovem a aprendizagem, como quebra-cabeças ou jogos de raciocínio podem melhorar a FE infantil) (CARSON *et al.*, 2015).

É importante ressaltar que o uso de regressões lineares tradicionais ao usar dados composicionais, como AF diária, pode produzir resultados espúrios, pois não assume limites de tempo e pode levar a inferências incorretas sobre os comportamentos de movimento e sua associação com a FE. Todos os comportamentos de movimento coexistem como um todo ou composição e, portanto, o tempo gasto em um comportamento afeta e é afetado pelos outros comportamentos durante o tempo restante do dia (CHEN *et al.*, 2019). Assim, ao considerar os comportamentos como uma composição do movimento de 24 horas, estes explicaram 34% da variação na tarefa de FE realizada. Além disso, a maior variação negativa foi mostrada ao remover o sono e adicionar AFL, com mudanças de unidade de -1,46 em 20 minutos. Enquanto a maior variação positiva foi mostrada ao adicionar AFMV, em detrimento da AFL, atingindo uma variação de unidade de 1,43 em 20 minutos de realocação.

Embora não existam estudos anteriores que analisaram associações entre tal composição de movimento e FE em pré-escolares, acredita-se que a composição promovida por cada comportamento pode proporcionar benefícios cumulativos no imaturo córtex pré-frontal das crianças. Nos primeiros anos, há um aumento na capacidade e na velocidade da informação, funcionalmente essenciais para a plasticidade neural. Além disso, o meio ambiente desempenha um papel importante na escultura do cérebro para se adaptar aos contextos ambientais (KHAN; HILLMAN, 2014). Assim, foi hipotetizado que a soma dos comportamentos de estilo de vida saudáveis nessa faixa etária, como AF

(CARSON *et al.*, 2016), sono (TONONI; CIRELLI, 2014) e CS (HUTTON *et al.*, 2020), podem ser fatores que potencializam as funções cerebrais.

Embora este seja o primeiro estudo a analisar as associações entre a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas e a FE de pré-escolares e a investigar as mudanças previstas na FE quando o tempo em diferentes comportamentos é realocado, esse estudo tem limitações que devem ser consideradas. Ao passo que se avaliou apenas o controle inibitório como domínio da FE. No entanto, é importante destacar que altas demandas cognitivas por um tempo prolongado podem causar fadiga mental (SMITH *et al.*, 2017), o que pode prejudicar a FE, principalmente quando a tarefa cognitiva é realizada em um smartphone ou tablet (FORTES *et al.*, 2020). Assim, acredita-se fortemente que o estresse associado ao tempo gasto para avaliar todo o protocolo (5 tarefas) compromete os resultados devido à fadiga mental associada inerente a uma tarefa cognitiva prolongada (aproximadamente 50 min em adultos) (SMITH *et al.*, 2017).

Vale ressaltar também que a avaliação indireta do tempo de sono, a falta de informação sobre o tipo de atividade realizada durante o CS, os correlatos psicossociais e a direção das associações observadas são limitações que devem ser consideradas em estudos futuros. Além disso, embora o estudo atual incluiu crianças específicas de baixa renda, o que pode reduzir sua validade externa, os possíveis mecanismos que ligam FE e AF são provavelmente semelhantes. Adicionalmente, este estudo abrange uma amostra pouco investigada, que pode se beneficiar com esses resultados.

A força predominante deste estudo é o uso de uma abordagem composicional sensível e estatisticamente precisa com base na medição objetiva e validada de AF e CS para avaliar a associação de comportamentos de movimento com a FE em pré-escolares de baixa renda. Essas características reforçam a validade interna do presente estudo. Como não existem estudos prévios publicados, que os autores conheçam, que tenham utilizado uma abordagem de análise comportamental composicional, comparações diretas com outros estudos não são possíveis. No entanto, isso destaca claramente a

necessidade de exames adicionais neste campo, onde a natureza restrita dos comportamentos de AF é cuidadosamente considerada.

## **Conclusão**

O uso de um paradigma composicional permite um novo insight sobre a relação entre comportamentos de movimento e FE em crianças pré-escolares. O presente estudo destacou que, quando analisado como um *continuum*, a composição dos comportamentos de movimento de 24 horas previu significativamente a FE das crianças. Além disso, o aumento do tempo gasto em AFMV em detrimento da AFL e do sono foi associado a mudanças positivas na FE de pré-escolares. Isso representa um achado importante, principalmente para a criação e otimização de intervenções com uma perspectiva desenvolvimentista, embora a identificação de relações causais entre essas variáveis requeira uma investigação mais aprofundada.

# **Estudo 5**

## **Adesão combinada aos comportamentos de movimento e a função executiva em pré-escolares: um olhar sobre as variáveis mais influentes em um sistema de redes**

### **Resumo**

Atender simultaneamente as recomendações de atividade física (AF), comportamento sedentário (CS) e sono, tem sido uma dificuldade para crianças em idade pré-escolar, reforçando a ideia de que tais variáveis fazem parte de um sistema complexo. **Objetivo:** identificar as variáveis mais influentes na rede de associações entre combinações de adesão aos comportamentos de movimento e função executiva (FE) de crianças pré-escolares. **Métodos:** foram analisadas 83 crianças (50,6% meninos; média de idade  $53,5 \pm 8,1$  meses). Foram coletados dados de AF por meio do uso de acelerômetro durante sete dias consecutivos, o CS (avaliado por meio do tempo de tela) e o sono, bem como sexo e idade foram fornecidos pelos pais das crianças por meio de entrevista face a face. Para se verificar as variáveis mais influentes, foi realizada uma análise de rede e os indicadores de centralidade Influência esperada e Proximidade foram considerados. **Resultados:** A partir da rede emergente, observou-se que a variável com maior Influência Esperada foi a adesão combinada às recomendações de AF + sono (1,964) e com maior Proximidade foi a adesão combinada às recomendações de tempo de tela + sono (0,938) e a variável com menor Proximidade na rede foi a Acurácia de No Go (-1,438). **Conclusão:** as variáveis mais sensíveis da rede foram a adesão combinada às recomendações de AF e sono, bem como tempo de tela e sono. Estes resultados sugerem que futuras intervenções que objetivem melhorar a FE em pré-escolares devem considerar a promoção destes comportamentos saudáveis em suas estratégias.

**Palavras-chaves:** comportamentos de movimento; função executiva; sistemas de rede; pré-escolares.

## Introdução

A função executiva (FE) é um conjunto de habilidades relacionadas ao desempenho cognitivo, responsáveis por coordenar comportamentos para a realização de tarefas mais complexas (BELL; CUEVAS, 2016). Tem como base de sustentação o córtex pré-frontal, que apresenta dois importantes picos de amadurecimento durante a primeira infância (FUSTER, 2015). Além disso, um estudo longitudinal demonstrou que a FE na primeira infância é preditora de maior saúde e qualidade de vida na idade adulta (MOFFITT *et al.*, 2011).

Uma vez que o córtex pré-frontal é bastante sensível à plasticidade neural (FUSTER, 2015), que é a capacidade do ambiente em “esculpir” o cérebro, a FE é facilmente influenciada por diversos fatores, tais como pobreza (LENGUA *et al.*, 2014; RAVEN; BLAIR; WILLOUGHBY, 2013), vulnerabilidade social (SEKTNAN *et al.*, 2010), obesidade (BLAIR; KUZAWA; WILLOUGHBY, 2019), e também por correlatos comportamentais, como atividade física (AF) (DONNELLY *et al.*, 2016), comportamento sedentário (CS) (ZAVALA-CRICHTON *et al.*, 2020) e sono (LOWE; SAFATI; HALL, 2017). A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda que ao longo das 24 horas do dia, crianças entre 3 e 4 anos devem se envolver em: a) 180 minutos diários de AF, sendo pelo menos 60 minutos de intensidade moderada à vigorosa; b) menos de 1 hora de tela; e c) entre 10 e 13 horas de sono (WHO, 2019). Para crianças de 5 anos, as recomendações incluem como tempo de tela recreacional o limite de até 2h/dia (WHO, 2020), e entre 9 e 11 horas de sono (PARUTHI *et al.*, 2016).

Contudo, estudos têm demonstrado que poucas crianças conseguem atender às três recomendações (CHAPUT *et al.*, 2017a; CLIFF *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2020b), quer isolada, quer simultaneamente. Um estudo recentemente publicado demonstrou que quando analisados como uma composição, os três comportamentos predizem mais fortemente a FE de pré-escolares, do que quando analisados isoladamente (BEZERRA *et al.*, 2020). No entanto, até ao momento, não se tem conhecimento sobre como a adesão às diferentes recomendações isoladamente (AF, sono ou tempo de tela) ou em simultâneo (AF + sono, AF + tempo de tela, sono + tempo de tela, ou AF + sono + tempo de tela), se associa à FE de pré-escolares.

Adicionalmente, vários fatores, de diferentes naturezas e escalas, podem estar envolvidos na relação dinâmica e não-linear existente entre os comportamentos de movimento e a FE, o que a caracteriza como um sistema complexo (CARMICHAEL; HADZIKADIC, 2019) . Analisar a associação dessas variáveis por meio de uma perspectiva estatística e teórica que permita entender a importância de cada uma delas dentro de um sistema complexo de redes, pode ser uma ferramenta para proposição de intervenções efetivas (SCHMITTMANN *et al.*, 2013).

A análise das relações independentes entre cada uma das variáveis (nós), bem como das interações (arestas) entre elas, que permitem calcular os coeficientes de correlação parciais entre variáveis, após controle por outras variáveis presentes na rede, fazem deste tipo de análise uma alternativa interessante para se entender as possíveis relações entre variáveis que por natureza são interconectadas de forma complexa. Ainda, a partir dos indicadores de centralidade da rede, especialmente a Influência Esperada e a Proximidade, é possível identificar as variáveis mais sensíveis a modificações e com maior influência para a aquisição de um padrão adequado da rede (POLISHCHUK, 2021).

Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi identificar as variáveis mais influentes na rede de associações entre combinações de adesão aos comportamentos de movimento e função executiva de crianças pré-escolares.

## **Métodos**

### **Caracterização da pesquisa**

Este estudo transversal utilizou dados de linha de base do projeto "Movement's Cool", com o objetivo de analisar a associação entre comportamentos de movimento e resultados de saúde em pré-escolares (MARTINS *et al.*, 2020b)

### **População e amostra**

Foram consideradas elegíveis crianças de 3 a 5 anos, de ambos os sexos, regularmente matriculadas em 2019 nos Centros de Referência em Educação Infantil (CREI) de João Pessoa. Em João Pessoa, oitenta e seis CREI estão distribuídos em nove polos. Destes, cinquenta e cinco instituições de educação pré-escolar têm crianças matriculadas na faixa etária de 3 a 5 anos e dez instituições, localizadas em sua maioria em áreas de baixa renda de seis polos diferentes, aceitaram participar do estudo. Para o propósito deste estudo, três pré-escolas localizadas em três polos diferentes foram convenientemente selecionadas.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das áreas onde as pré-escolas estão localizadas varia de 0.4 a 0.5. Além disto, 53.7% das mães ou pais estavam desempregados e mais de 39% das mães e 52% dos pais tinham concluído o 9º ano ou menos. Todos os pais / crianças matriculadas com idades entre 3 e 5 anos foram convidados a participar.

## **Instrumentos de coleta**

### **Atividade Física**

A AF foi avaliada objetivamente por meio da acelerometria (Actigraph, modelo WGT3-X, Flórida). Professores e pais / responsáveis receberam instruções verbais e escritas para o uso correto do acelerômetro, incluindo a colocação e o posicionamento correto. Além disso, ao longo da semana, os pais receberam três ligações para lembrá-los do uso do acelerômetro. Os participantes foram orientados a usar o acelerômetro no quadril direito por 8 dias consecutivos (quarta de manhã a terça à tarde). As crianças foram autorizadas a remover o dispositivo durante atividades aquáticas e durante o sono (à noite). No período pré-escolar, os acelerômetros foram retirados por volta das 11 horas da manhã (banho) e fixados adequadamente após o banho.

Os acelerômetros foram configurados para medir a aceleração a uma taxa de amostragem de 100 Hz e analisados como contagens ActiGraph, usando uma duração de época de 15 s, e reintegrados a épocas de 60 segundos para análise. Períodos de  $\geq 20$  min de contagens zero consecutivas foram definidos como tempo sem uso e removidos da análise, e o primeiro dia de dados do acelerômetro foi omitido da análise para evitar a reatividade do sujeito. A inicialização do dispositivo, redução de dados e análise foram realizadas usando

o software ActiLife (versão 6.13.3).

Foram considerados válidos dados com no mínimo três dias (um final de semana e dois dias de semana) de registro, e no mínimo 8h de uso. O tempo gasto nas intensidades leve, moderada e vigorosa foi estimado usando os pontos de corte propostos por Butte *et al.*, (2014) para o vetor magnitude, com intensidade leve definida entre 820 e 3,907 *counts*; moderada entre 3,908 e 6,111 *counts*; e intensidade vigorosa  $\geq 6,112$  *counts*. A adesão às recomendações de atividade física total e a atividade física moderada a vigorosa foi docotomizada, de acordo com as recomendações da OMS (WHO, 2019; 2020) (1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações).

### Comportamento sedentário

O CS foi analisado pelo tempo de tela despendido diariamente pelas crianças. Os pais foram solicitados a relembrar a duração média total que seus filhos assistiam TV, usavam computador, smartphones e videogames. As perguntas foram feitas separadamente para dias de semana e dias de fim de semana e reunidas para análises ( $\alpha$  de Cronbach = 0,87). Para o tempo de tela, as perguntas eram: “Quantas horas durante um dia da semana seu filho costuma assistir TV, usar computador, smartphones ou jogos eletrônicos?” e “Quantas horas no final de semana seu filho costuma assistir TV, usar computador, smartphone ou jogo eletrônico?”.

A adesão às recomendações de comportamento sedentário foi dicotomizado, de acordo com as recomendações sobre o tempo de tela da OMS, de acordo com a idade (WHO, 2019; 2020) (1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações).

### Sono

O tempo de sono noturno foi mensurado via entrevista com os pais. Os pais foram solicitados a relembrar a média total de horas que seu filho dorme da seguinte forma: “Nos dias de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?” e “Nos finais de semana, quantas horas de sono seu filho costuma dormir durante a noite?”. Perguntas separadas foram feitas para dias de semana e fins de semana e foram posteriormente mescladas para análise. As horas gerais de sono foram calculadas da seguinte forma: ((Sono nos

dias de semana x 5) + (Sono nos dias de fim de semana x 2)) / 7. Os resultados foram multiplicados por 60 para representar os minutos por dia. Essa abordagem foi usada anteriormente em populações semelhantes (VALE; MOTA, 2020). Esta abordagem foi validada contra estimativas de registros de sono e actigrafia objetiva em crianças pequenas (GOODLIN-JONES *et al.*, 2008).

A adesão às recomendações de sono foi dicotomizado, de acordo com as recomendações da OMS e a Academia Americana de Medicina do Sono, de acordo com a idade (PARUTHI *et al.*, 2016; WHO, 2019) (1 = não atende às recomendações; 2 = atende às recomendações).

### Função executiva

A FE foi avaliada usando *Early Years Toolbox* - EYT (HOWARD; MELHUIH, 2017), que é uma bateria de tarefas computadorizadas que foi desenvolvida para avaliar especificamente a função executiva de crianças de três a cinco anos. A bateria é composta por cinco tarefas avaliadas a partir de jogos em um aplicativo desenvolvido para *laptops*: a) Mr. Ant: memória de trabalho visual-espacial; b) Não isto: memória operacional fonológica; c) Go / No Go: controle inibitório; d) Seleção de cartas: flexibilidade cognitiva; e) Vocabulário Expressivo: desenvolvimento da linguagem. Os resultados são computados pelo número de respostas corretas para cada tarefa e enviados para um e-mail previamente cadastrado.

Embora existam três componentes principais da FE nesta faixa etária, o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva são complexos e difíceis de dissociar, pois compartilham processos comuns e não são completamente dissociáveis (DIAMOND, 2013). Dado que o primeiro pico de maturação cerebral é alcançado aos sete anos de idade, acredita-se que durante a primeira infância, esses componentes estão fortemente relacionados à inibição no nível representacional e / ou na manutenção dos objetivos (MIYAKE *et al.*, 2000). Um estudo de análise fatorial realizado por Wiebe *et al.*, (2008) mostrou que em pré-escolares, o controle inibitório é capaz de representar FE. Além disso, estudos anteriores mostraram que o teste Go / No Go pode ativar todo o córtex pré-frontal, e é uma tarefa mais robusta do que outras para estabelecer o desempenho de FE (SMITH *et al.*, 2017; WILLOUGHBY, M. T. *et al.*, 2012).

Além disso, após a realização de um estudo piloto com mais de 50 crianças, observou-se que para avaliar os três domínios principais da FE (controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho), em nossas condições específicas de contexto, o tempo médio gasto para cada criança seria em torno de 45 minutos, levando muitas crianças (aproximadamente 25) a desistir do protocolo. Assim, para o propósito deste estudo, a tarefa de controle inibitório foi escolhida para representar o construto da FE.

O controle inibitório foi avaliado por meio da tarefa de Go/No Go, onde a criança precisa tocar a tela do dispositivo sempre que o estímulo Go for apresentado e inibir o toque sempre que o estímulo No Go for apresentado. Durante a tarefa, 75 estímulos aparecem na tela do *tablet* de forma aleatória, em três fases. Entre cada fase, o objetivo da tarefa é lembrado.

Para fins de análise foi considerada a Eficiência Inversa calculada pela razão entre o tempo de reação e a acurácia de Go. Esta medida tem sido usada recentemente em pesquisas de desempenho de função executiva para considerar as compensações entre velocidade e acurácia (VON SUCHODOLETZ; SLOT; SHROFF, 2017). A suposição subjacente é que “as diferenças no desempenho do tempo de reação diminuiriam se as diferenças na acurácia fossem grandes, mas permaneceriam as mesmas se a acurácia fosse idêntica” (DING *et al.*, 2014). A tarefa de Go é considerada uma medida de seleção de atenção e velocidade de seleção de resposta (ANDERSON; NETTELBECK; BARLOW, 1997; WILLNER *et al.*, 2015). Além disso, a acurácia de No Go (Ac-No Go), que está relacionada aos processos de inibição, foi utilizada para análise. Este protocolo apresenta valores de confiabilidade satisfatórios com  $\alpha = 0,95$  de Cronbach (HOWARD; MELHUISE, 2017). No presente estudo, os valores de confiabilidade composta para Go / No-Go foi de 0,78, o que é considerado um valor adequado (VALENTINI; DAMÁSIO, 2016).

### Sexo e Idade

O sexo e a idade das crianças foram obtidos na secretaria dos CREIs. O sexo foi categorizado em 1 = masculino; 2 = feminino. Para a idade considerou-se a data de nascimento e para fins de análise foi tratada em meses.

### **Procedimentos e desenho do estudo**

Todos os funcionários das escolas foram informados sobre os objetivos, protocolos e procedimentos da pesquisa em reuniões com o coordenador do projeto (uma sessão em cada escola) e concordaram em participar do presente estudo. As avaliações foram realizadas durante um período de 4 meses (agosto a outubro de 2019 e fevereiro a março de 2020). Todas as crianças autorizadas pelos pais através do termo de consentimento foram avaliadas.

Os pais foram convidados para uma reunião na escola, na qual foram informados sobre o correto uso do acelerômetro e entrevistados individualmente. O tempo de tela e de sono foram coletados durante esta entrevista. No dia seguinte, no ambiente da pré-escola, foi realizada a avaliação da FE e o acelerômetro foi colocado nas crianças participantes, que o utilizaram durante sete dias consecutivos. Todas as avaliações foram conduzidas por professores de educação física e alunos de pós-graduação.

### **Tratamento dos dados**

Estatísticas descritivas com média e desvio padrão para variáveis contínuas e distribuição de frequência para variáveis categóricas foram realizadas. Para quantificar a importância de cada nó (variável) na rede, foram calculados os indicadores de centralidade Influência Esperada e Proximidade. A Influência esperada consiste no somatório de todos os possíveis caminhos que conectam um nó a outro. Se o seu valor for positivo, significa que a força de influência do nó na rede, naquele período de tempo, tende a aumentar. Contrariamente, se for negativo, significa que a força de influência do nó na rede tende a diminuir (POLISHCHUK, 2021). O indicador Proximidade, determinado a partir do inverso das distâncias de um nó a todos os outros, identifica a variável que será rapidamente afetada por mudanças em qualquer parte da rede, espalhando seu efeito em outras áreas da rede. Cada um desses indicadores foi normalizado (média = 0 e desvio padrão (DP) = 1), de forma que um valor de índice  $> 1$  indica que ele está  $> 1$  DP da média. As cores vermelhas indicaram associações negativas e as azuis, as associações positivas entre as variáveis. A espessura das linhas e a intensidade da cor estão relacionadas à intensidade das associações. As análises foram realizadas no software JASP versão 0.14.1.

### **Aspectos éticos**

Todos os aspectos éticos foram seguidos. Os métodos e procedimentos de avaliação foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (parecer nº 4.102.806) e pela Secretaria de Educação da cidade de João Pessoa, Brasil. Os consentimentos por escrito dos diretores das pré-escolas e dos pais das crianças foram obtidos antes do início das coletas.

## **Resultados**

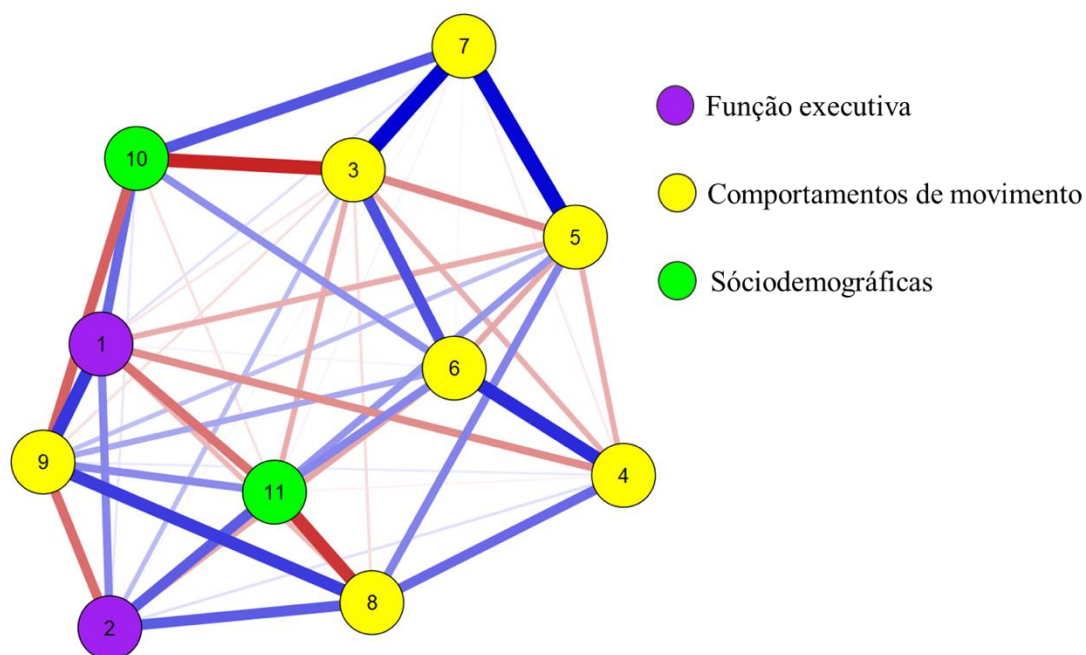
Não foram identificadas diferenças significativas para a idade entre meninos e meninas. Relativamente às medidas de FE, os meninos apresentaram menores valores de eficiência inversa e acurácia de No Go ( $5.7 \pm 1.3$  e  $9.7 \pm 3.5$ , respectivamente) do que as meninas ( $11.3 \pm 3.1$  e  $7.0 \pm 3.4$ , respectivamente). Em ambos os sexos, a atividade física foi o comportamento com maior taxa de adesão. Para o sono, tempo de tela, e todas as possíveis combinações, uma grande parcela quer de meninos, quer de meninas, não atende às recomendações de comportamentos (tabela 1).

Tabela 1. Frequência de aderência às recomendações dos comportamentos de movimento de 24h isoladamente e nas suas possíveis combinações, estratificado por sexo.

| <b>Variável</b>                                | <b>Meninos</b>          | <b>Meninas</b>          |
|------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                                | <b>Média ± DP</b>       | <b>Média ± DP</b>       |
| <b>Idade</b>                                   | 53,5 ± 8,2              | 53,2 ± 8,0              |
| <b>Eficiência inversa</b>                      | 5,7 ± 1,3               | 11,3 ± 3,1*             |
| <b>Acurácia de No Go</b>                       | 9,7 ± 3,5               | 7,0 ± 3,4*              |
| <b>Variável</b>                                | <b>Meninos 42 (51%)</b> | <b>Meninas 41 (49%)</b> |
| <b>Atividade física</b>                        |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 13 (31%)                | 19 (46%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 29 (69%)                | 22 (54%)                |
| <b>Tempo de tela</b>                           |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 39 (93%)                | 34 (83%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 3 (7%)                  | 22 (17%)                |
| <b>Sono</b>                                    |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 35 (83%)                | 26 (63%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 7 (17%)                 | 15 (37%)                |
| <b>Atividade física + tempo de tela</b>        |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 40 (95%)                | 36 (88%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 2 (5%)                  | 5 (12%)                 |
| <b>Atividade física + sono</b>                 |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 38 (90%)                | 28 (68%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 4 (10%)                 | 13 (32%)                |
| <b>Tempo de tela + sono</b>                    |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 41 (98%)                | 38 (93%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 1 (2%)                  | 3 (7%)                  |
| <b>Atividade física + tempo de tela + sono</b> |                         |                         |
| <i>Não adere</i>                               | 41 (98%)                | 39 (95%)                |
| <i>Adere</i>                                   | 1 (2%)                  | 2 (5%)                  |

\* p < 0,005.

A partir da rede emergente, observou-se que a variável com maior Influência Esperada foi a adesão combinada às recomendações de atividade física + sono (1,964). Verificou-se ainda que a variável com maior Proximidade foi a adesão combinada às recomendações de tempo de tela + sono (0,938) e a variável com menor Proximidade na rede foi a Acurácia de No Go (-1,438).



Legendas: 1 = eficiência inversa; 2 = acurácia de No Go; 3 = atividade física; 4 = tempo de tela; 5 = sono; 6 = atividade física + tempo de tela; 7 = atividade física + sono; 8 = tempo de tela + sono; 9 = atividade física + tempo de tela + sono; 10 = sexo; 11 = idade.

Figura 1. Rede de interações entre os comportamentos de movimento de 24h isoladamente e em suas possíveis combinações, sexo, idade, eficiência inversa e acurácia de No Go.

## Discussão

O presente estudo objetivou identificar, a partir de um sistema de redes complexas, quais as variáveis mais influentes para promover modificações positivas na FE de pré-escolares. Os principais achados indicaram que a adesão combinada aos comportamentos de AF e sono apresentaram maior Influência Esperada. A aderência à combinação tempo de tela e sono apresentou maior Proximidade, significando que essa variável seria mais rapidamente afetada por

modificações que ocorressem em qualquer outra variável da rede. Por outro lado, identificou-se que a Acurácia de No Go é a variável mais difícil de ser modificada.

A FE é uma variável extremamente sensível a alterações ambientais, sendo possível que a adesão a comportamentos saudáveis influencie positivamente os scores em tarefas da FE já nas fases iniciais da vida. No entanto, a comparação com resultados prévios é dificultada pela ausência de estudos que tenham considerado o caráter não-linear e dinâmico dessas relações. Diferentes estudos analisaram isoladamente os comportamentos AF (DONNELLY *et al.*, 2016), tempo de tela (MARTINS *et al.*, 2020a) e sono (LOWE; SAFATI; HALL, 2017) e suas relações com a função executiva na segunda infância. Aqueles que avaliaram essa relação na primeira infância apresentam resultados que divergem quer na direção das associações, quer na própria existência de associação, além de apresentarem baixa qualidade metodológica (KUZIK *et al.*, 2017). Essa inconsistência nos achados existentes reforça a premissa de que considerar cada comportamento isoladamente não parece ser, necessariamente, a forma mais adequada de tratar comportamentos que são co-dependentes (DUMUID *et al.*, 2019), e que repercutem em desfechos que acontecem dentro de um mesmo organismo. Deste modo, a análise de redes considera o caráter imprevisível, não-linear e dinâmico das relações entre as variáveis analisadas.

O maior valor de Influência Esperada encontrado para a adesão combinada de AF e sono é um achado importante a destacar. Estudos prévios apresentam possíveis mecanismos pelos quais AF e sono podem interferir na FE. O primeiro deles relaciona-se às modificações cerebrais proporcionadas pela prática de AF, capazes de aumentar a capacidade de angiogênese, sinaptogênese, neurogênese, além da regulação de fatores neurotróficos (VAYNMAN; GOMEZ-PINILLA, 2006). Um outro mecanismo subjacente a esta modificação pode estar relacionada ao fato de que a AF proporciona às crianças a possibilidade de experimentação, de vivenciar brincadeiras novas, de interações sociais com outras crianças e com o ambiente (HERRINGTON; BRUSSONI, 2015), além de possíveis ganhos nas habilidades motoras fundamentais, intimamente associadas com a FE (PI *et al.*, 2019).

Por outro lado, o sono inadequado afeta negativamente diferentes regiões cerebrais, sendo o córtex pré-frontal uma região especialmente sensível ao sono (KILLGORE, 2010). Um estudo prévio realizado com crianças de cinco à 12 anos de idade, reportou que uma única noite de privação de sono foi negativamente associada à mielina da substância branca, sugerindo uma associação entre a substância branca e a necessidade de sono para a plasticidade neural do cérebro em desenvolvimento (KURTH *et al.*, 2016). Ainda, em adolescentes, a menor integridade da substância branca está associada ao aumento da variabilidade do sono, o que pode sugerir diminuição da capacidade de memória de trabalho (DUTIL *et al.*, 2018), uma das habilidades da função executiva. Por fim, em estudo de revisão sistemática, Lowe *et al.*, (2017) reportaram que as habilidades de controle executivo são especialmente sensíveis à perda de sono, já que são observados decréscimos de desempenho, independentemente da gravidade e cronicidade do protocolo de restrição de sono aplicado (LOWE; SAFATI; HALL, 2017).

O presente estudo demonstrou ainda que a aderência à combinação de tempo de tela e sono apresentou o maior valor de Proximidade na rede, o que indica que essa variável é extremamente sensível a modificações, e capaz de disseminar mais rapidamente o efeito de uma possível intervenção sobre ela, nas demais variáveis que compõem a rede de associações. De fato, se analisado isoladamente, o tempo de tela também apresenta associação com a FE das crianças (MARTINS *et al.*, 2020a), apesar das evidências serem ainda controversas (CARSON *et al.*, 2015; CERNIGLIA; CIMINO, 2020), especialmente em função do conteúdo ao qual a criança é exposta. Diferentes conteúdos podem gerar ganhos na aprendizagem (PLOWMAN *et al.*, 2012), influenciando positivamente a FE das crianças. Todavia, sabe-se que o processamento da informação funciona de acordo com a teoria do U invertido (LILLARD; LI; BOGUSZEWSKI, 2015), o que implicaria afirmar que o excesso de informação pode proporcionar ação negativa sobre a FE (LILLARD; LI; BOGUSZEWSKI, 2015). Além disso, o excesso de CS tem apresentado efeitos negativos sobre a substância branca (HUTTON *et al.*, 2020), que é associada com o desempenho cognitivo (DODSON *et al.*, 2018).

Por fim, a Acurácia de No Go, referente à capacidade de inibir uma resposta que estava em andamento, se apresentou como a variável mais difícil de ser modificada na rede. Déficits na Acurácia de No Go estão relacionados a desordens mentais, como hiperatividade e déficit de atenção (SONUGA-BARKE; BITSAKOU; THOMPSON, 2010). No entanto, é importante ressaltar que em crianças pré-escolares, essa habilidade ainda não está completamente madura (BLAIR; DIAMOND, 2008), apresentando um caráter instável e alta variabilidade entre crianças (LEE *et al.*, 2016), o que explicaria, pelo menos em parte, seus baixos valores de centralidade encontrados.

A análise da adesão às combinações dos comportamentos de movimento de 24 horas é um ponto forte deste estudo que merece ser destacado, especialmente ao considerar a co-dependência existente entre eles. Como não há conhecimento de estudos anteriores que abordem a combinação de comportamentos de movimento de 24 horas na FE, é difícil fazer comparações diretas com outros estudos. Isso destaca a necessidade de um maior aprofundado deste tópico em diferentes países e em diferentes contextos ambientais. Adicionalmente, a análise dos dados à luz da Teoria dos Sistema Complexos permite uma interpretação do fenômeno de forma mais ecológica e próxima ao contexto de vida real no qual ele ocorre (GUASTELLO; GREGSON, 2016). Por fim, a adesão aos comportamentos de movimento é impulsionada por correlatos do ambiente, como fatores socioeconômicos, ambiente familiar, dentre outros, que justificam uma investigação mais aprofundada. Além disso, a avaliação do tempo de sono relatada pelos pais é uma limitação deste estudo e medidas objetivas do sono, embora difíceis de realizar com pré-escolares, devem ser consideradas para pesquisas futuras.

## **Conclusão**

A adesão combinada aos comportamentos de AF e sono, além de tempo de tela e sono foram identificadas como as variáveis mais influentes na rede de associações entre combinações de adesão aos comportamentos de movimento e FE de crianças pré-escolares. Estes resultados sugerem que futuras intervenções que objetivem melhorar a FE em pré-escolares devem considerar a promoção destes comportamentos saudáveis em suas estratégias.

# **5. Considerações Finais**

## Considerações Finais

A presente tese de doutorado, objetivou entender o papel dos comportamentos de movimento de 24 horas sobre a FE de pré-escolares. Para esse fim foram realizados cinco estudos. Primeiro foi investigada a associação entre a AF e a FE das crianças, considerando nessa relação o papel das variáveis biológicas e sociodemográficas (estudo 1). Em seguida, buscou-se entender se o CS realizado dentro e fora das pré-escolas apresentavam alguma associação com a FE das crianças (estudo 2). Em terceiro, afim de analisar isoladamente o sono, uma *path analysis* foi realizada, afim de investigar a associação entre este comportamento e a FE dos pré-escolares (estudo 3). A partir dos resultados dos estudos com os comportamentos de forma isolada, realizou-se então um estudo que objetivou entender o poder preditivo dos três comportamentos e as mudanças teóricas na FE, a partir das realocações de tempo (estudo 4). Por fim, um quinto estudo objetivou analisar a importância das diferentes combinações dos comportamentos de movimento sobre a FE dos pré-escolares (estudo 5).

Os resultados dos estudos apresentaram que a FE de crianças em idade pré-escolar se associou positivamente com a AFMV e com o sono, e negativamente com o CS no final de semana. Observou-se ainda que os três comportamentos conjuntamente têm um maior poder preditivo na FE do que quando analisados isoladamente, e que substituições teóricas do tempo de sono e de AFL por AFMV podem melhorar a FE dos pré-escolares. Em relação as combinações, os resultados demonstraram que a adesão combinada aos comportamentos de AF e sono, bem como tempo de tela e sono são as variáveis mais importantes dentro de um sistema de redes complexas para ganhos na FE de crianças em idade pré-escolar.

A alta capacidade de plasticidade neural do córtex pré-frontal (FUSTER, 2015) nesse período de desenvolvimento na infância explica os resultados encontrados nos estudos aqui apresentados. Além disso, acredita-se que os comportamentos de movimento de 24 horas conjuntamente, podem favorecer ainda mais os indicadores de saúde do que quando analisados isoladamente (PROCHASKA, 2008), o que corrobora com os achados do estudo 4. Contudo, esses resultados podem divergir a depender da forma como a FE é analisada.

Estudos que analisem os comportamentos de movimento de 24 horas em pré-escolares, especialmente aqueles de baixa renda, seja de forma isolada ou conjuntamente, ainda são escassos, o que dificulta a comparação direta dos resultados aqui encontrados com outros estudos. Além disso, dada a dificuldade na realização de estudos de imagem com essa população, muitas explicações sobre o funcionamento do cérebro ficam restritos à estudos com crianças maiores, o que pode ser uma limitação para um entendimento mais completo sobre o papel dos comportamentos de movimento sobre o cérebro e consequentemente na FE de crianças em idade pré-escolar.

Por outro lado, as abordagens teóricas e estatísticas abordadas, nos estudos dessa tese doutoral, auxiliam no entendimento mais amplo da relação entre a FE e os correlatos comportamentais. Tais análises estatísticas mostraram-se suficientemente robustas para minimizar a possível falta de poder estatístico advindo do pequeno número amostral, consequência da Pandemia do Covid-19. Além disso, as coletas foram realizadas dentro das pré-escolas, o que pode ter contribuído ainda mais para o pequeno número amostral, dado que nessa fase da vida as crianças faltam muito à escola, contudo, essa forma de coleta de dados, no ambiente da criança aumenta a validade externa dos estudos aqui apresentados.

Outra limitação a ser considerada refere-se a perda amostral dado o não uso do acelerômetro de acordo com os pontos de corte adotado na presente tese, de três dias de uso (sendo dois de semana e um de final de semana) e oito horas diárias de uso, por outro lado tal perda amostral segue na mesma direção de estudos prévios com crianças pré-escolares. Por fim, acredita-se que a medida do tempo de sono, por via indireta, pode ser considerada uma outra limitação da presente tese. Para um entendimento mais completo do fenômeno, sugere-se que pesquisas com medidas objetivas de sono, com uma quantidade maior de participantes e especialmente com dados de imagem do cérebro em vigília, sejam realizadas.

A luz dos Sistemas Complexos, o nascimento prematuro, a AFM e a ACR emergem como as variáveis mais sensíveis para que ganhos na FE de crianças em idade pré-escolar sejam alcançadas.

O CS em dias de final de semana apresentou uma associação adversa com o Eficiência inversa, sugerindo que o excesso de CS pode ser prejudicial à FE de pré-escolares.

O sono se apresentou como preditor da Eficiência inversa, mas não da resposta inibitória, sugerindo que as diferentes tarefas da FE se relacionam diferentemente com o sono, sendo o mesmo especialmente importante para habilidades de processamento da informação e manutenção da atenção.

A composição dos comportamentos de movimento de 24 horas previu significativamente a FE das crianças. Além disso, o aumento do tempo gasto em AFMV em detrimento da AFL e do sono foi associado a mudanças positivas na FE de pré-escolares.

A adesão combinada aos comportamentos de AF e sono, além de tempo de tela e sono foram identificadas como as variáveis mais influentes na rede de associações entre combinações de adesão aos comportamentos de movimento e FE de crianças pré-escolares.

Os resultados desta tese doutoral suportam a hipótese de que um estilo de vida saudável, com mais tempo em AF, tempo reduzido em CS e tempo de sono adequados são essenciais para ganhos na FE de crianças pré-escolares de baixa renda, inclusive como forma de atenuar os efeitos deletérios de ambientes adversos à FE nessa fase da vida. Os resultados sugerem ainda que intervenções neste sentido devem focar na melhoria da adesão combinada às recomendações de AF e de sono, além de atenção especial ao tipo de CS realizado pela criança em diferentes contextos.

Considerando que a FE nessa fase da vida pode ser determinante para diferentes desfechos de saúde físico, motora, cognitiva e socioemocional na infância, adolescência e vida adulta, os resultados desta tese doutoral podem subsidiar o delineamento de políticas públicas efetivas e eficientes, que objetivem melhorar a saúde de crianças pré-escolares.

# Referências

## Referências

- ABDUL RAHMAN, A. *et al.* Neural Correlates of Response Inhibition in Early Childhood: Evidence From a Go/No-Go Task. **Dev. Neuropsychol.**, v. 42, n. 5, p. 336-350, 2017.
- AGGIO, D. *et al.* Context-Specific Associations of Physical Activity and Sedentary Behavior With Cognition in Children. **Am J Epidemiol**, v. 183, n. 12, p. 1075-1082, Jun 15 2016.
- AITCHISON, J. **The statistical analysis of compositional data.** J. R. Stat. Soc. Ser. B44, 1982.
- ALLEN, S. L. *et al.* ABCs of sleeping: A review of the evidence behind pediatric sleep practice recommendations. **Sleep Med. Rev.**, v. 29, p. 1-14, Oct 2016.
- ALLOWAY, T. P.; ALLOWAY, R. G. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. **J Exp Child Psychol**, v. 106, n. 1, p. 20-29, May 2010.
- ANDERSEN, E. *et al.* Objectively measured physical activity level and sedentary behavior in Norwegian children during a week in preschool. **Prev Med Rep**, v. 7, n. 1, p. 130-135, Set 2017.
- ANDERSON, M.; NETTELBECK, T.; BARLOW, J. Reaction time measures of speed of processing: Speed of response selection increases with age but speed of stimulus categorization does not. **Br. J. Dev. Psychol.**, v. 15, n. 2, p. 145-157, Jun 1997.
- ANDERSON, P. J.; REIDY, N. Assessing Executive Function in Preschoolers. **Neuropsychol. Rev.**, v. 22, n. 4, p. 345-360, Dez 2012.
- ANDERSON, Y. C.; KIRKPATRICK, K.; DOLAN, G. M. S.; WOULDES, T. A. *et al.* Do changes in weight status affect cognitive function in children and adolescents with obesity? A secondary analysis of a clinical trial. **BMJ Open**, v. 9, n. 2, p. e021586, Fev 2019.
- ANOTHASINTAWEE, *et al.* Sleep disturbances compared to traditional risk factors for diabetes development: Systematic review and meta-analysis. **Sleep Med. Rev.**, v. 30, n. 1, p. 11-24, Dez 2016.
- BADDELEY, A. **Working memory.** New York, NY, US: Clarendon Press/Oxford University Press, 1986. xi, 289-xi, 289.
- BADDELEY, A. The central executive: A concept and some misconceptions. **J. Int. Neuropsychol.**, v. 4, n. 5, p. 523-526, 1998.
- BANGSBO, J. *et al.* The Copenhagen Consensus Conference 2016: children, youth, and physical activity in schools and during leisure time. **Br J Sports Med**, 50, n. 19, p. 1177-1178, Out 2016.

BARBOSA, S. C.; COLEDAM, D. H.; STABELINI NETO, A.; ELIAS, R. G. *et al.* School environment, sedentary behavior and physical activity in preschool children. **Rev. Paul. Ped.**, v. 34, n. 3, p. 301-308, Set 2016.

BARKLEY, R. A. **Executive functions: What they are, how they work, and why they evolved.** Guilford Press, 2012. 146250535X.

BATOULI, S. A. H.; SABA, V. At least eighty percent of brain grey matter is modifiable by physical activity: A review study. **Behav Brain Res**, v. 332, p. 204-217, Ago 2017.

BELL, M. A.; CUEVAS, K. Psychobiology of executive function in early development. *In*: J.A. GRIFFIN, P. M., L.S. Freund (Ed.). **Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research**: APA Press, 2016. p. 157-179.

BEST, J. R.; MILLER, P. H.; JONES, L. L. Executive functions after age 5: Changes and correlates. **Dev. Rev.**, v. 29, n. 3, p. 180-200, 2009.

BEZERRA, T. A. *et al.* 24-hour movement behaviour and executive function in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis. **EJSS**, p. 1-9, 2020.

BIDDLE, S. J. H.; GARCÍA BENGOCHEA, E.; WIESNER, G. Sedentary behaviour and adiposity in youth: a systematic review of reviews and analysis of causality. **Int J Behav Nutr Phys Act**, v. 14, n. 1, p. 43-43, 2017.

BLAIR, C.; DIAMOND, A. Biological processes in prevention and intervention: the promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. **Dev. Psychopathol.**, v. 20, n. 3, p. 899-911, 2008.

BLAIR, C.; KUZAWA, C. W.; WILLOUGHBY, M. T. The development of executive function in early childhood is inversely related to change in body mass index: Evidence for an energetic tradeoff? **Dev. Sci.**, p. e12860, Mai 2019.

BLAIR, C.; RAVEN, C. C. Child development in the context of adversity: experiential canalization of brain and behavior. **Am Psychol**, v. 67, n. 4, p. 309-318, Mai/Jun 2012.

BOGIČEVIĆ, L.; VERHOEVEN, M.; VAN BAAR, A. L. Toddler skills predict moderate-to-late preterm born children's cognition and behaviour at 6 years of age. **PLOS ONE**, v. 14, n. 11, p. e0223690-e0223690, 2019.

BORSBOOM, D.; CRAMER, A. O. Network analysis: an integrative approach to the structure of psychopathology. **Annu Rev Clin Psychol**, v. 9, n. 1, p. 91-121, 2013.

- BRYANT, L. M.; DUNCAN, R. J.; SCHMITT, S. A. The Cognitive Benefits of Participating in Structured Sports for Preschoolers. **Early Educ Dev**, p. 1-12, 2020.
- BURCHINAL, M. R. *et al.* Relating Quality of Center-Based Child Care to Early Cognitive and Language Development Longitudinally. **Child Dev**, v. 71, n. 2, p. 339-357, Mar 2000. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00149>.
- BUSTAMANTE, E. E.; WILLIAMS, C. F.; DAVIS, C. L. Physical Activity Interventions for Neurocognitive and Academic Performance in Overweight and Obese Youth: A Systematic Review. **Pediatr Clin North Am**, v. 63, n. 3, p. 459-480, Jun 2016.
- BUTTE, N. F. *et al.* Prediction of energy expenditure and physical activity in preschoolers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 46, n. 6, p. 1216-1226, Jun 2014.
- BYRNE, B. M. **Structural equation modeling with LISREL, PRELIS, and SIMPLIS: Basic concepts, applications, and programming**. Psychology Press, 2013. 1134809344.
- CADENAS-SANCHEZ, C. *et al.* Assessment of cardiorespiratory fitness in preschool children: adaptation of the 20 metres shuttle run test. **Nutr Hosp**, v. 30, n. 6, p. 1333-1343, Dez 2014.
- CARE, D. o. H. a. S. Guidance from the Chief Medical Officers in the UK on the amount and type of physical activity people should be doing to improve their health. CARE, H. a. S. UK 2019.
- CARMICHAEL, T.; HADZIKADIC, M. The Fundamentals of Complex Adaptive Systems. *In*: CARMICHAEL T., C. A., Hadžikadić M (Ed.). **Complex Adaptive Systems. Understanding Complex Systems**: Springer, Cham, 2019. p. 1-16.
- CARLSON, S. M. Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. **Dev. Neuropsychol.**, v. 28, n. 2, p. 595–616, 2005.
- CARLSON, S. M.; FAJA, S.; BECK, D. M. Incorporating early development into the measurement of executive function: The need for a continuum of measures across development. *In*: **Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research**. American Psychological Association, p. 45-64, 2016.
- CARSON, V. *et al.* Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. **J Sci Med Sport**, v. 19, n. 7, p. 573-578, Jul 2016.
- CARSON, V.; KUZIK, N.; HUNTER, S.; WIEBE, S. A. *et al.* Systematic review of sedentary behavior and cognitive development in early childhood. **Prev Med**, v. 78, p. 115-122, Set 2015.

- CARSON, V.; TREMBLAY, M. S.; CHASTIN, S. F. M. Cross-sectional associations between sleep duration, sedentary time, physical activity, and adiposity indicators among Canadian preschool-aged children using compositional analyses. **BMC Public Health**, v. 17, n. 5, p. 848 - 855, Nov 2017.
- CARVER, A. C.; LIVESEY, D. J.; CHARLES, M. Age Related Changes in Inhibitory Control as Measured by Stop Signal Task Performance. **Int. J. Neurosci.**, v. 107, n. 1-2, p. 43-61, Jan 2001.
- CERNIGLIA, L.; CIMINO, S. A Reflection on Controversial Literature on Screen Time and Educational Apps Use in 0-5 Years Old Children. **Int. J. Environ**, v. 17, n. 13, p. 4641-4645, 06/28 2020.
- CHAI, W. J.; ABD HAMID, A. I.; ABDULLAH, J. M. Working Memory From the Psychological and Neurosciences Perspectives: A Review. **Front Psychol**, v. 9, p. 401 - 410, 2018.
- CHANG, Y.-K.; ETNIER, J. Exploring the Dose-Response Relationship Between Resistance Exercise Intensity and Cognitive Function. **JSEP**, v. 31, n. 5, p. 640-656, Out 2009.
- CHAPUT, J. P. *et al.* Importance of all movement behaviors in a 24 hour period for overall health. **Int. J. Environ**, v. 11, n. 12, p. 12575-12581, 2014.
- CHAPUT, J.P. *et al.* Proportion of preschool-aged children meeting the Canadian 24-Hour Movement Guidelines and associations with adiposity: Results from the Canadian Health Measures Survey. **BMC Public Health**, v. 17, Nov 2017a.
- CHAPUT, J. P. *et al.* Systematic review of the relationships between sleep duration and health indicators in the early years (0-4 years). **BMC Public Health**, v. 17, n. Suppl 5, p. 855-855, 2017b.
- CHASTIN, S. F. M. *et al.* Combined Effects of Time Spent in Physical Activity, Sedentary Behaviors and Sleep on Obesity and Cardio-Metabolic Health Markers: A Novel Compositional Data Analysis Approach. **PLOS ONE**, v. 10, n. 10, p. e0139984, 2015.
- CHEE, M. W. L. *et al.* Lapsing during Sleep Deprivation Is Associated with Distributed Changes in Brain Activation. **J. Neurosci.**, v. 28, n. 21, p. 5519, 2008.
- CHEN, B. *et al.* Socio-demographic and maternal predictors of adherence to 24-hour movement guidelines in Singaporean children. **Int J Behav Nutr Phys Act**, v. 16, n. 1, p. 70, Ago 2019.
- CHEN, J.; CHEN, Z. Extended Bayesian information criteria for model selection with large model spaces. **Biometrika**, 95, n. 3, p. 759-771, 2008.

CHEN, Q. *et al.* Association of creative achievement with cognitive flexibility by a combined voxel-based morphometry and resting-state functional connectivity study. **Neuroimage**, v. 102, n. 2, p. 474-483, Nov 2014.

CHENG, W. *et al.* Sleep duration, brain structure, and psychiatric and cognitive problems in children. **Molecular Psychiatry**, p. 1-12, Feb 2020.

CHI, M. T. H. Knowledge students and memory development. *In*: R. Siegler (Ed.), **Children's thinking: What develops?** Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. p. 73-96, 1978.

CLIFF, D.; REILLY, J. Methodological considerations in using accelerometers to assess habitual physical activity in children aged 0–5 years. **J Sci Med Sport.**, v. 12, p. 557-567, Jan 2009.

CLIFF, D. P. *et al.* Adherence to 24-Hour Movement Guidelines for the Early Years and associations with social-cognitive development among Australian preschool children. **BMC Public Health**, v. 17, n. 5, p. 857, Nov 2017.

COOK, C. J. *et al.* Associations of physical activity and gross motor skills with executive function in preschool children from low-income South African settings. **Dev. Sci.**, v. 22, n. 5, p. e12820, Set 2019.

COUNSELL, S. J.; BOARDMAN, J. P. Differential brain growth in the infant born preterm: current knowledge and future developments from brain imaging. **Semin Fetal Neonatal Med**, v. 10, n. 5, p. 403-410, Out 2005.

CREMONE, A.; MCDERMOTT, J.; SPENCER, R. Naps Enhance Executive Attention in Preschool-Aged Children. **J. Pediatr. Psychol**, 42, Mar 2017.

DA SILVA, W. Q. A. *et al.* Affect during incremental exercise: The role of inhibitory cognition, autonomic cardiac function, and cerebral oxygenation. **PLOS ONE**, v. 12, n. 11, p. e0186926, 2017.

DAVIS, J. C. *et al.* The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. **BMC Geriatr**, v. 10, p. 16, Abr 2010.

DE KIEVIET, J. *et al.* Brain development of very preterm and very low-birthweight children in childhood and adolescence: A meta-analysis. **Dev Med Child Neurol**, v. 54, n. 4, p. 313-323, Jan 2012.

DIAMOND, A.; TAYLOR, C. Development of an aspect of executive control: development of the abilities to remember what I said and to "do as I say, not as I do". **Dev Psychobiol**, v. 29, n. 4, p. 315-334, Mai 1996.

DIAMOND, A. Normal Development of Prefrontal Cortex from Birth to Young Adulthood: Cognitive Functions, Anatomy, and Biochemistry. *In*: KNIGHT, T. S. R. T. (Ed.). **Principles of frontal lobe function**. Oxford: Oxford University Press, 2002. p. 466-503.

DIAMOND, A. Executive functions. **Annu. Rev. Psychol.**, v. 64, p. 135-168, 2013.

DIAMOND, A. Why improving and assessing executive functions early in life is critical. *In*: J. A. GRIFFIN, P. M., & L. S. Freund (Ed.). **Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research**. Washington, DC, US: American Psychological Association, 2016. p. 11-43.

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. **Dev Cogn Neurosci**, v. 18, p. 34-48, Abr 2016.

DING, X. P. *et al.* Elementary school children's cheating behavior and its cognitive correlates. **J Exp Child Psychol**, v. 121, n. 1, p. 85-95, 2014.

DODSON, C. K. *et al.* White matter properties associated with pre-reading skills in 6-year-old children born preterm and at term. **DMCN**, v. 60, n. 7, p. 695-702, 2018.

DONNELLY, J. E. *et al.* Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, v. 48, n. 6, p. 1223-1224, Jun 2016.

DUMUID, D. *et al.* The compositional isotemporal substitution model: A method for estimating changes in a health outcome for reallocation of time between sleep, physical activity and sedentary behaviour. **Stat Methods Med Res**, v. 28, n. 3, p. 846-857, Mar 2019.

DUTIL, C. *et al.* Influence of sleep on developing brain functions and structures in children and adolescents: A systematic review. **Sleep Med. Rev.**, v. 42, p. 184-201, Dez 2018.

EGOZCUE, J. J.; PAWLOWSKY-GLAHN, V. Groups of Parts and Their Balances in Compositional Data Analysis. **Mat Geo**, v. 37, p. 795-828, Jan 2005.

EKELUND, U. *et al.* Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. **The Lancet**, v. 388, n. 10051, p. 1302-1310, Jan 2016.

ELLIS, Y. G. *et al.* The Acute Effects of a "Reduced Sitting Preschool Day" on Executive Function and Musculoskeletal Health in Preschoolers: A Randomized Cross-Over Study. **Pediatr. Exerc. Sci**, v. 31, n. 4, p. 505-513, Nov 2019.

ENGEL DE ABREU, P. M. *et al.* Executive functioning and reading achievement in school: a study of Brazilian children assessed by their teachers as "poor readers". **Front Psychol**, v. 5, p. 550, 2014.

EPSKAMP, S. *et al.* qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. **J. Stat. Softw.**, v. 1, n. 4, p. 1-19, 2012.

ESPY, K. The Shape School: Assessing Executive Function in Preschool Children. **Dev Neuropsychol**, v.13, n. 1, p. 495-499, 1997.

ESTEBAN-CORNEJO, I. *et al.* A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. **Neuroimage**, v. 159, p. 346-354, Oct 1 2017.

FEDEWA, A. The Effects of Physical Activity and Physical Fitness on Children's Achievement and Cognitive Outcomes: A Meta-Analysis. **RQES**, v. 82, n. 3, p. 521-535, Jan 2011.

FLAVELL, J. H.; FLAVELL, E. R.; GREEN, F. L. Development of the appearance--reality distinction. **Cogn Psychol**, v. 15, n. 1, p. 95-120, Jan 1983

FORBES, T. A.; GALLO, V. All Wrapped Up: Environmental Effects on Myelination. **Trends neurosc**, v. 40, n. 9, p. 572-587, 2017.

FORTES, L. S. *et al.* The effect of smartphones and playing video games on decision-making in soccer players: A crossover and randomised study. **J Sports Sci**, v. 38, n. 5, p. 552-558, 2020.

FOYGEL, R.; DRTON, M., 2010, **Extended Bayesian information criteria for Gaussian graphical models**. 604-612.

FRIEDMAN, J.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. Sparse inverse covariance estimation with the graphical LASSO. **Biostatistics (Oxford, England)**, 9, p. 432-441, 08/01 2008.

FRUCHTERMAN, T. M. J.; REINGOLD, E. M. Graph drawing by force-directed placement. **Software: Practice and Experience**, 21, n. 11, p. 1129-1164, 1991/11/01 1991.

FUSTER, J. **The prefrontal cortex**. Academic Press, 2015. 012408060X.

GARON, N.; BRYSON, S.; SMITH, I. Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. **Psychol. Bull.**, v. 134, p. 31-60, Jan 2008.

GENET, J. J.; SIEMER, M. Flexible control in processing affective and non-affective material predicts individual differences in trait resilience. **Cogn Emot**, v. 25, n. 2, p. 380-388, Feb 2011.

GERSTADT, C. L.; HONG, Y. J.; DIAMOND, A. The relationship between cognition and action: performance of children 3 1/2-7 years old on a Stroop-like day-night test. **Cogn**, v. 53, n. 2, p. 129-153, Nov 1994.

GIEDD, J. N. *et al.* Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. **Nat Neurosci**, v. 2, n. 10, p. 861-863, Out 1999.

GOODLIN-JONES, B. *et al.* The Children's Sleep Habits Questionnaire in Toddlers and Preschool Children. **J. Dev. Behav. Pediatr.**, v. 29, n. 2, p. 82-88, Jan 2008.

GOPNIK, A.; ROSATI, A. Duck or rabbit? Reversing ambiguous figures and understanding ambiguous representations. **Dev. Sci**, v. 4, n. 2, p. 175-183, 2001.

GUASTELLO, S. J.; GREGSON, R. A. **Nonlinear dynamical systems analysis for the behavioral sciences using real data**. CRC Press, 2016. 1439820023.

HERRINGTON, S.; BRUSSONI, M. Beyond Physical Activity: The Importance of Play and Nature-Based Play Spaces for Children's Health and Development. **Curr Obes Rep**, v. 4, n. 4, p. 477-483, Dez 2015.

HILLMAN, C. H.; ERICKSON, K. I.; KRAMER, A. F. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. **Nat. Rev. Neurosci.**, v. 9, n. 1, p. 58-65, Jan 2008.

HILLMAN, C. H.; KHAN, N. A.; KAO, S. C. The Relationship of Health Behaviors to Childhood Cognition and Brain Health. **Ann Nutr Metab**, v. 66, Suppl 3, p. 1-4, 2015.

HJORTH, M. F. *et al.* Normal weight children have higher cognitive performance - Independent of physical activity, sleep, and diet. **Physiol Behav**, 1v. 65, p. 398-404, Out 15 2016.

HNATIUK, J.; SALMON, J.; HINKLEY, T.; TROST, S. A Review of Preschool Children's Physical Activity and Sedentary Time Using Objective Measures. **Am. J. Prev. Med.**, v. 47, n. 4, p. 10, Jul 2014.

HONGWANISHKUL, D. *et al.* Assessment of Hot and Cool Executive Function in Young Children: Age-Related Changes and Individual Differences. **Dev. Neuropsychol.**, v. 28, p. 617-644, Jan 2005.

HOWARD, S. J.; JOHNSON, J.; PASCUAL-LEONE, J. Clarifying inhibitory control: Diversity and development of attentional inhibition. **Cogn. Dev**, v. 31, n. 1, p. 1-21, 2014.

HOWARD, S. J.; OKELY, A. D. Catching fish and avoiding sharks: Investigating factors that influence developmentally appropriate measurement of preschoolers' inhibitory control. **J. Psychoeduc. Assess**, v. 33, n. 6, p. 585-596, 2015

HOWARD, S.; MELHUIH, E. An Early Years Toolbox for Assessing Early Executive Function, Language, Self-Regulation, and Social Development: Validity, Reliability, and Preliminary Norms. **J. Psychoeduc. Assess.**, 35, n. 3, p. 255-275, 02/28 2017.

HOYNIK, C. P.; PETERSEN, I. T.; MCQUILLAN, M. E.; STAPLES, A. D. *et al.* Less Efficient Neural Processing Related to Irregular Sleep and Less Sustained Attention in Toddlers. **Dev. Neuropsychol.**, v. 40, n. 3, p. 155-166, 2015.

HRON, K.; FILZMOSE, P.; THOMPSON, K. Linear regression with compositional explanatory variables. **J. Appl. Stat.**, v. 39, n. 5, p. 1115-1128, Mai 2012.

HUGHES, C. Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. **Br. J. Dev. Psychol.**, v. 16, n. 2, p. 233-253, 1998.

HUGHES, C.; DEVINE, R. T. For Better or for Worse? Positive and Negative Parental Influences on Young Children's Executive Function. **Child Dev**, v. 90, n. 2, p. 593-609, Jul 2017.

HUTTON, J. S. *et al.* Associations Between Screen-Based Media Use and Brain White Matter Integrity in Preschool-Aged Children. **JAMA Pediatrics**, v. 174, n. 1, p. e193869-e193869, 2020.

IGLOWSTEIN, I.; *et al.* Sleep Duration From Infancy to Adolescence: Reference Values and Generational Trends. **Pediatrics**, v. 111, n. 2, p. 302-307, 2003.

JÚDICE, P. B. *et al.* Sedentary patterns, physical activity and health-related physical fitness in youth: a cross-sectional study. **Int J Behav Nutr Phys Act**, v. 14, n. 1, p. 25-25, 2017.

JUSIENÉ, R. *et al.* Executive function and screen-based media use in preschool children. **Infant Child Dev**, v. 29, n. 1, p. e2173, Jan 2020.

KAO, S. C. *et al.* Muscular and Aerobic Fitness, Working Memory, and Academic Achievement in Children. **Med Sci Sports Exerc**, 49, n. 3, p. 500-508, Mar 2017.

KARR, J. E. *et al.* The unity and diversity of executive functions: A systematic review and re-analysis of latent variable studies. **Psychol. Bull.**, v. 144, n. 11, p. 1147-1185, Nov 2018.

KENT, P. L. Working Memory: A Selective Review. **Appl. Neuropsychol. Child**, v. 5, n. 3, p. 163-172, Jul/Sep 2016.

KHAN, N.; HILLMAN, C. The Relation of Childhood Physical Activity and Aerobic Fitness to Brain Function and Cognition: A Review. **Pediatr. Exerc. Sci**, v. 26, Out 2014.

KILLGORE, W. Effects of sleep deprivation on cognition. **Prog. Brain Res**, v. 185, p. 105-129, Dez 2010.

KITSARAS, G. *et al.* Bedtime routines child wellbeing & development. **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, p. 386, Mar 2018.

KLENBERG, L.; KORKMAN, M.; LAHTI-NUUTTILA, P. Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. **Dev. Neuropsychol.**, v. 20, n. 1, p. 407-428, 2001.

KNUTSON, K. L.; TUREK, F. W. The U-shaped association between sleep and health: the 2 peaks do not mean the same thing. **Sleep**, v. 29, n. 7, p. 878-879, Jul 2006.

KORKMAN, M. Applying Luria's diagnostic principles in the neuropsychological assessment of children. **Neuropsychol Rev**, v. 9, n. 2, p. 89-105, Jun 1999

KOZIOL, L. F.; LUTZ, J. T. From movement to thought: the development of executive function. **Appl. Neuropsychol. Child**, v. 2, n. 2, p. 104-115, 2013.

KRÄMER, N.; SCHÄFER, J.; BOULESTEIX, A. L. Regularized estimation of large-scale gene association networks using graphical Gaussian models. **BMC Bioinformatics**, 10, p. 384, Nov 24 2009.

KURTH, S. *et al.* Increased Sleep Depth in Developing Neural Networks: New Insights from Sleep Restriction in Children. **Front. Hum. Neurosci.**, v. 10, Jan 2016.

KUZAWA, C. W.; BLAIR, C. A hypothesis linking the energy demand of the brain to obesity risk. **PNAS**, v. 116, n. 27, p. 13266-13275, Jul 2019.

KUZYK, N. *et al.* Systematic review of the relationships between combinations of movement behaviours and health indicators in the early years (0-4 years). **BMC Public Health**, 17, p. 849, Nov 2017.

LAM, J. *et al.* The Effects of Napping on Cognitive Function in Preschoolers. **J. Dev. Behav. Pediatr.**, v. 32, n. 1, p. 90-97, Feb 2011.

LAWSON, G.; HOOK, C.; FARAH, M. A Meta-Analysis of the Relationship between Socioeconomic Status and Executive Function Performance Among Children. **Dev. Sci.**, v. 21, Mai 2017.

LEE, H. Y. *et al.* Applicability of the Stop-Signal Task for Preschoolers With ADHD. **Percept Mot Skills**, v. 123, n. 1, p. 162-174, Ago 2016.

LEGER, L. A. *et al.* The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. **J Sports Sci**, v. 6, n. 2, p. 93-101, 1988.

LENGUA, L. *et al.* Relations of Growth in Effortful Control to Family Income, Cumulative Risk, and Adjustment in Preschool-age Children. **J. Abnorm. Child Psychol.**, v. 43, Set 2014.

LI, C.-S. R. *et al.* Gender Differences in Cognitive Control: an Extended Investigation of the Stop Signal Task. **Brain imaging behav**, v. 3, n. 3, p. 262-276, 2009.

LI, L.; ZHANG, S.; HUANG, Y.; CHEN, K. Sleep duration and obesity in children: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. **J. Paediatr. Child Health**, v. 53, n. 4, p. 378-385, Abr 2017.

LILLARD, A.; PETERSON, J. The Immediate Impact of Different Types of Television on Young Children's Executive Function. **Pediatrics**, v. 128, n. 1, p. 644-649, Dez 2011.

LILLARD, A. S.; LI, H.; BOGUSZEWSKI, K. Television and children's executive function. **Adv Child Dev Behav**, v. 48, n. 1, p. 219-248, 2015.

LINSELL, L. *et al.* Cognitive trajectories from infancy to early adulthood following birth before 26 weeks of gestation: A prospective, population-based cohort study. **Arch. Dis. Childh.**, v. 103, n. 4, p. 363-370, Nov 2017.

LIVESEY, D. J.; MORGAN, G. A. The development of response inhibition in 4- and 5-year-old children. **Aust. J. Psychol**, v. 43, n. 3, p. 133-137, 1991

LÓPEZ-VICENTE, M. J. *et al.* Are Early Physical Activity and Sedentary Behaviors Related to Working Memory at 7 and 14 Years of Age? **J Pediatr**, v. 188, n. 1, p. 35-41, 2017.

LOWE, C. J.; SAFATI, A.; HALL, P. A. The neurocognitive consequences of sleep restriction: A meta-analytic review. **Neurosci Biobehav Rev**, v. 80, n. 1, p. 586-604, Set 2017.

MARÔCO, J. **Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software & aplicações.** ReportNumber, Lda, 2010. 9899676314.

MARTINS, C. M. *et al.* A Network Perspective on the Relationship between Screen Time, Executive Function, and Fundamental Motor Skills among Preschoolers. **Int. J. Environ**, v. 17, n. 23, Nov 2020a.

MARTINS, C. M. *et al.* Adherence to 24-hour movement guidelines in low-income Brazilian preschoolers and associations with demographic correlates. **Am. J. Hum. Biol.**, n/a, n. n/a, p. e23519, 2020/10/19 2020b.

MCMORRIS, T. History of Research into the Acute Exercise-Cognition Interaction: A Cognitive Psychology Approach. *In*: MCMORRIS, T. (Ed.). **Exercise-Cognition Interaction: Neuroscience Perspectives**: Elsevier Inc., 2016. p. 1-28.

MCNEILL, J. *et al.* Longitudinal Associations of Electronic Application Use and Media Program Viewing with Cognitive and Psychosocial Development in Preschoolers. **Acad Pediatr**, v. 19, n. 5, p. 520-528, Jul 2019.

MCNEILL, J. *et al.* Compliance with the 24-Hour movement guidelines for the early years: Cross-sectional and longitudinal associations with executive function and psychosocial health in preschool children. **J Sci Med Sport**, v. 23, n. 9, p. 846-853, Set 2020.

MCNEILL, J. *et al.* Longitudinal associations of physical activity and modified organized sport participation with executive function and psychosocial health in preschoolers. **J Sports Sci**, v. 38, n. 24, p. 2858-2865, Dez 2020.

MCNEILL, J. *et al.* Physical activity and modified organized sport among preschool children: Associations with cognitive and psychosocial health. **Ment. Health Phys**, v. 15, p. 45-52, 2018.

MIYAKE, A. *et al.* The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. **Cogn. Psychol**, v. 41, p. 49-100, Jan 2000.

MOFFITT, T. E. *et al.* A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **PNAS**, v. 108, n. 7, p. 2693-2698, 2011.

MÔNICO-NETO, M. *et al.* Resistance exercise: a non-pharmacological strategy to minimize or reverse sleep deprivation-induced muscle atrophy. **Med Hypotheses**, v. 80, n. 6, p. 701-705, Jun 2013.

MOTA, J. G. *et al.* Twenty-four-hour movement behaviours and fundamental movement skills in preschool children: A compositional and isometric substitution analysis. **J Sports Sci**, p. 1-9, Jun 2020.

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

NATHANSON, A. *et al.* The Relation Between Television Exposure and Executive Function Among Preschoolers. **Dev. Psychol.**, v. 50, n. 5, p. 1497-1506, Jan 2014.

NEUMANN, M. An examination of touch screen tablets and emergent literacy in Australian pre-school children. **Aust. J. Educ.**, v. 58, n. 2, p. 109-122, Jul 2014.

NEWTON, A. T.; HONAKER, S. M.; REID, G. J. Risk and protective factors and processes for behavioral sleep problems among preschool and early school-aged children: A systematic review. **Sleep Med. Rev.**, v. 52, p. 101303, Ago 2020.

NIETO-LOPEZ, M. *et al.* Relation between physical fitness and executive function variables in a preschool sample. **Pediatr Res**, v. 88, n. 4, p. 623-628, Out 2020.

NIETO-LÓPEZ, M. *et al.* Relation between physical fitness and executive function variables in a preschool sample. **Pediatr. Res.**, n. 1530-0447 (Electronic), 2020.

NORDHOV, S. *et al.* Early Intervention Improves Cognitive Outcomes for Preterm Infants: Randomized Controlled Trial. **Pediatrics**, v. 126, n. 5, p. e1088-1094, Jan 2010.

NORMAN, D.; SHALLICE, T. Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behaviour. *In*: R. J. DAVIDSON., G. E. S., & D. E. Shapiro (Ed.). **Consciousness and Self-Regulation**. New York: Plenum Press, 1986. v. 4, p. 1-14.

O'MEAGHER, S.; NORRIS, K.; KEMP, N.; ANDERSON, P. Parent and teacher reporting of executive function and behavioral difficulties in preterm and term children at kindergarten. **Appl. Neuropsychol. Child**, v. 9, n. 2, p. 153-164, Feb 2019.

ONIS, D. WHO child growth standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. Geneva: World Health Organization 2006.

PARKIN, A. J. The central executive does not exist. **J. Int. Neuropsychol.**, v. 4, n. 5, p. 518-522, 1998.

PARUTHI, S. *et al.* Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine on the Recommended Amount of Sleep for Healthy Children: Methodology and Discussion. **J. Clin. Sleep Med.**, v. 12, n. 11, p. 1549-1561, 2016.

PATE, R. R. *et al.* Physical Activity and Health in Children Younger than 6 Years: A Systematic Review. **Med Sci Sports Exerc**, v. 51, n. 6, p. 1282-1291, 2019.

PEARSON, N. *et al.* Associations between sedentary behaviour and physical activity in children and adolescents: a meta-analysis. **Obes rev**, v. 15, n. 8, p. 666-675, 2014.

PEDISIC, Z. Measurement issues and poor adjustments for physical activity and sleep undermine sedentary behaviour research—The focus should shift to the balance between sleep, sedentary behaviour, standing and activity. **Kinesiology**, v. 46, p. 135-146, Jun 2014.

PERNER, J.; LEEKAM, S. R.; WIMMER, H. Three-year-olds' difficulty with false belief: The case for a conceptual deficit. **Br. J. Dev. Psychol**, v. 5, n. 2, p. 125-137, Jun 1987.

PI, Y.L. *et al.* Motor skill learning induces brain network plasticity: A diffusion-tensor imaging study. **PLOS ONE**, v. 14, n. 2, p. e0210015-e0210015, 2019.

PLOWMAN, L. *et al.* Preschool children's learning with technology at home. **Comput Educ**, v. 59, n. 1, p. 30-37, Ago 2012.

POITRAS, V. J. *et al.* Systematic review of the relationships between sedentary behaviour and health indicators in the early years (0-4 years). **BMC Public Health**, v. 17, n. Suppl 5, p. 868-868, 2017.

POLISHCHUK, O. Influence and Betweenness in Flow Models of Complex Network Systems. *In*: RADIVILOVA T., A. D., Kryvinska N. (Ed.). **Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies**: Springer, Cham., 2021. v. 48, p. 67-90.

PONTIFEX, M. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychol Sport Exerc**, v. 40, n. 1, Jan 2018.

POWELL, E. M.; RAGOZZINO, M. E. Cognitive flexibility: Development, disease and treatment. **Neurosc**, 345, p. 1-2, Mar 2017.

PROCHASKA, J. O. Multiple Health Behavior Research represents the future of preventive medicine. **Preve Med**, v. 46, n. 3, p. 281-285, Mar 2008.

RAO, H. *et al.* Early parental care is important for hippocampal maturation: evidence from brain morphology in humans. **Neuroimage**, v. 49, n. 1, p. 1144-1150, Jan 2010.

RAVER, C. C.; BLAIR, C.; WILLOUGHBY, M. Poverty as a predictor of 4-year-olds' executive function: New perspectives on models of differential susceptibility. **Dev Psychol**, v. 49, n. 2, p. 292-304, 2013.

REILLY, J. J. A. *et al.* Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. **Lancet**, v. 363, n. 9404, p. 211-212, Jan 2004.

REYNAUD, E. *et al.* Sleep and its relation to cognition and behaviour in preschool-aged children of the general population: a systematic review. **J. Sleep Res.**, v. 27, n. 3, p. e12636, Jun 2018.

RIDEOUT, V. Zero to eight: children's media use in America. San Francisco: Common Sense Media. 2016.

RODRIGUEZ-AYLLON, M. *et al.* Role of Physical Activity and Sedentary Behavior in the Mental Health of Preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 49, n. 9, p. 1383-1410, Set 2019.

RUIZ-HERMOSA, A. *et al.* Relationship between weight status and cognition in children: A mediation analysis of physical fitness components. **J Sports Sci**, v. 38, n. 1, p. 13-20, Jan 2020.

RUOTSALAINEN, I. *et al.* Physical activity, aerobic fitness, and brain white matter: Their role for executive functions in adolescence. **Dev Cogn Neurosci**, 42, p. 100765, Abr 2020.

SANTOS, J. L. *et al.* Maternal anthropometry and feeding behavior toward preschool children: association with childhood body mass index in an observational study of Chilean families. **Int J Behav Nutr Phys Act**, v. 6, n. 1, p. 93-101, Dez 2009.

SASAKI, J.; SILVA, K.; GONÇALVES, B. **Uso de acelerômetros para mensurar atividade física e comportamento sedentário: o que precisamos saber?** Santa Catarina: Midiograph, 2018. 978-85-8396-107-9.

SCANTLEBURY, N. *et al.* Relations between White Matter Maturation and Reaction Time in Childhood. **J. Int. Neuropsychol.**, v. 20, n. 1, p. 99-112, 2014.

SCHEURER, J. M. *et al.* Body Composition Changes from Infancy to 4 Years and Associations with Early Childhood Cognition in Preterm and Full-Term Children. **Neonatology**, v. 114, n. 2, p. 169-176, 2018.

SCHMIDT, M. E. *et al.* Television Viewing in Infancy and Child Cognition at 3 Years of Age in a US Cohort. **Pediatrics**, v. 123, n. 3, p. e370, 2009.

SCHMITTMANN, V. *et al.* Deconstructing the construct: A network perspective on psychological phenomena. **New Ideas Psychol.**, 31, n. 1, p. 45-53, Jan 2013.

SCHUMACHER, A. M.. *et al.* Sleep Moderates the Association Between Response Inhibition and Self-Regulation in Early Childhood. **J Clin Child Adolesc Psychol**, v. 46, n. 2, p. 222-235, Mar/Abr 2017.

SEKTNAN, M. *et al.* Relations between early family risk, children's behavioral regulation, and academic achievement. **Early Child Res Q**, v. 25, n. 4, p. 464-479, Out 2010.

SIMPSON, A.; RIGGS, K. J. Conditions under which children experience inhibitory difficulty with a "button-press" go/no-go task. **J Exp Child Psychol**, v. 94, n. 1, p. 18-26, Mai 2006.

SINGH, A. *et al.* Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: A novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. **Br J Sports Med**, v. 53, n. 10, p. 640-647, Jul 2018.

SMITH, E. *et al.* Prefrontal Activation During Executive Tasks Emerges Over Early Childhood: Evidence From Functional Near Infrared Spectroscopy. **Dev. Neuropsychol.**, v. 42, n. 4, p. 253-264, Mai 2017.

SONUGA-BARKE, E.; BITSAKOU, P.; THOMPSON, M. Beyond the dual pathway model: evidence for the dissociation of timing, inhibitory, and delay-related impairments in attention-deficit/hyperactivity disorder. **J Am Acad Child Adolesc Psychiatry**, v. 49, n. 4, p. 345-355, Abr 2010.

ST. JOHN, A.; FINCH, K.; TARULLO, A. Socioeconomic status and neural processing of a go/no-go task in preschoolers: An assessment of the P3b. **Dev Cogn Neurosci**, v. 38, n. 1, p. 100677, Jun 2019.

STILLMAN, C. M. *et al.* Effects of Exercise on Brain and Cognition Across Age Groups and Health States. **Trends neurosc**, v. 43, n. 7, p. 533-543, Jul 2020.

TAKEUCHI, H.; KAWASHIMA, R. Neural Mechanisms and Children's Intellectual Development: Multiple Impacts of Environmental Factors. **Neuroscientist**, v. 22, n. 6, p. 618-631, Out 2015.

TANAKA, C.; TANAKA, M.; TANAKA, S. Objectively evaluated physical activity and sedentary time in primary school children by gender, grade and types of physical education lessons. **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, p. 948-948, 2018.

TANDON, P. *et al.* Short term impact of physical activity vs. sedentary behavior on preschoolers' cognitive functions. **Ment. Health Phys**, v. 15, Jun 2018.

TIMO, S.; ISTO, R. Associations between Cognitive Functioning and Physical Activity in Two 5-Year Follow-Up Studies of Older Finnish Persons. **J Aging Phys Act**, v. 6, n. 2, p. 169-183, 1998.

TONONI, G.; CIRELLI, C. Sleep and the Price of Plasticity: From Synaptic and Cellular Homeostasis to Memory Consolidation and Integration. **Neuron**, v. 81, n. 1, p. 12-34, 2014.

TREMBLAY, M. S. *et al.* Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – Terminology Consensus Project process and outcome. **Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.**, v. 14, n. 1, p. 75, Jun 2017.

VALE, S.; MOTA, J. Adherence to 24-hour movement guidelines among Portuguese preschool children: the prestyle study. **J Sports Sci**, v. 38, n. 18, p. 1-6, Jun 2020.

VALENTINI, F.; DAMÁSIO, B. F. Variância Média Extraída e Confiabilidade Composta: Indicadores de Precisão. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, 32, n. 2, p. 1-7, 2016.

VAN DE STRAAT, V. *et al.* Early predictors of impaired sleep: a study on life course socioeconomic conditions and sleeping problems in older adults. **Aging Ment Health**, v. 24, n. 2, p. 322-332, Fev 2020.

VANDENBROUCKE, L. *et al.* Keeping the Spirits Up: The Effect of Teachers' and Parents' Emotional Support on Children's Working Memory Performance. **Front Psychol**, v. 8, p. 512, 2017.

VAYNMAN, S.; GOMEZ-PINILLA, F. Revenge of the "Sit": How lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. **J. Neurosci. Res.**, v. 84, p. 699-715, Set 2006.

VON SUCHODOLETZ, A.; SLOT, P. L.; SHROFF, D. M. Measuring executive function in Indian mothers and their 4-year-old daughters. **PsyCh Journal**, v. 6, n. 1, p. 16-28, Mar 2017.

VOSS, M. W. *et al.* Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children. **Neurosc**, v. 199, p. 166-176, 2011.

WALKER, A.; MACPHEE, D. How home gets to school: Parental control strategies predict children's school readiness. **Early Child Res Q**, v. 26, p. 355-364, 2011.

WALSH, J. J. *et al.* Associations between 24 hour movement behaviours and global cognition in US children: a cross-sectional observational study. **The Lancet**, v. 2, n. 11, p. 783-791, Nov 2018.

WANG, Q. *et al.* Maternal sensitivity predicts anterior hippocampal functional networks in early childhood. **BSFRCD**, v. 224, n. 5, p. 1-11, Mai 2019.

WEN, X. *et al.* Effect of Mini-Trampoline Physical Activity on Executive Functions in Preschool Children. **BioMed Res Internat**, v. 2018, p. 1-7, Out 2018.

WHO, W. H. O.-. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. World Health Organ Tech Rep Ser. 854: 1-452 p. 1995.

WHO, W. H. O.-. Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age. Geneva: World Health Organization 2019.

WHO, W. H. O.-. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance. Geneva 2020.

WIEBE, S. A.; ESPY, K. A.; CHARAK, D. Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. **Dev Psychol**, v. 44, n. 2, p. 575-587, 2008.

WIEBE, S. A. *et al.* The structure of executive function in 3-year-olds. **J Exp Child Psychol**, v. 108, n. 3, p. 436-452, Mar 2011.

WIEBE, S. A.; SHEFFIELD, T. D.; ESPY, K. A. Separating the Fish From the Sharks: A Longitudinal Study of Preschool Response Inhibition. **Child Dev**, v. 83, n. 4, p. 1245-1261, Jul 2012.

WILLIAMS, J. A.; ZIMMERMAN, F. J.; BELL, J. F. Norms and trends of sleep time among US children and adolescents. **JAMA Pediatrics**, v. 167, n. 1, p. 55-60, 2013.

WILLNER, C. *et al.* Relevance of a neurophysiological marker of attention allocation for children's learning-related behaviors and academic performance. **Dev Psychol**, v. 51, n. 8, p. 1148-1162, 2015.

WILLOUGHBY, M. T. *et al.* The measurement of executive function at age 3 years: psychometric properties and criterion validity of a new battery of tasks. **Psychol. Assess**, v. 22, n. 2, p. 306-317, 2010.

WILLOUGHBY, M.; BLAIR, C. Test-retest reliability of a new executive function battery for use in early childhood. **Child Neuropsychol**, v. 17, n. 6, p. 564-579, 2011.

WILLOUGHBY, M. T. *et al.* The measurement of executive function at age 5: psychometric properties and relationship to academic achievement. **Psychol Assess**, v. 24, n. 1, p. 226-239, Mar 2012.

WILLOUGHBY, M. T. *et al.* Executive function in early childhood: longitudinal measurement invariance and developmental change. **Psychol Assess**, v. 24, n. 2, p. 418-431, 2012.

WILLOUGHBY, M. T.; WYLIE, A. C.; CATELLIER, D. J. Testing the association between physical activity and executive function skills in early childhood. **Early Child Res Q**, v. 44, p. 82-89, 2018.

WRIGHT, L.; LIPSZYC, J.; DUPUIS, A.; THAYAPARARAJAH, S. W. *et al.* Response inhibition and psychopathology: a meta-analysis of go/no-go task performance. **J Abnorm Psychol**, v. 123, n. 2, p. 429-439, Mai 2014.

XIONG, S.; LI, X.; TAO, K. Effects of Structured Physical Activity Program on Chinese Young Children's Executive Functions and Perceived Physical Competence in a Day Care Center. **BioMed Res Internat**, 2017.

YOUNG DEBORAH, R.; *et al.* Sedentary Behavior and Cardiovascular Morbidity and Mortality: A Science Advisory From the American Heart Association. **Circulation**, v. 134, n. 13, p. e262-e279, Set 2016.

ZAGAAR, M. *et al.* Regular treadmill exercise prevents sleep deprivation-induced disruption of synaptic plasticity and associated signaling cascade in the dentate gyrus. **Mol Cell Neurosci**, v. 56, n. 1, p. 375-383, Set 2013.

ZAVALA-CRICHTON, J. P. *et al.* Association of Sedentary Behavior with Brain Structure and Intelligence in Children with Overweight or Obesity: The ActiveBrains Project. **J. Clin. Med.** 9, n. 4, p. 1101, 2020.

ZELAZO, P. D. The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. **Nat protoc**, 1, n. 1, p. 297-301, Abr 2006.

ZELAZO, P. D. *et al.* NIH Toolbox Cognition Battery (CB): Measuring executive function and attention. **Monogr. Soc. Res. Child Dev**, v. 78, n. 4, p.16-33, Ago 2013.

ZHANG, B. *et al.* Differential effects of acute physical activity on executive function in preschoolers with high and low habitual physical activity levels. **Ment. Health Phys. Act.**, 18, p. 100326, Mar 2020.

ZHANG, J. *et al.* Roles of parental sleep/wake patterns, socioeconomic status, and daytime activities in the sleep/wake patterns of children. **J Pediatr**, v. 156, n. 4, p. 606-612.e605, bpr 2010.

ZYSSET, A. E. *et al.* Predictors of executive functions in preschoolers: Findings From the SPLASHY study. **Front Psychol**, v. 9, Out 2018.

# **Anexos**

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** PROJETO MOVEMENT'S COOL: ASSOCIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE FÍSICA, COMPETÊNCIA MOTORA, FUNÇÃO EXECUTIVA, VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, E AMBIENTAL DE CRIANÇAS DOS CREIs DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB

**Pesquisador:** Clarice Maria de Lucena Martins

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 30900320.4.0000.5188

**Instituição Proponente:** Universidade Federal da Paraíba

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.102.806

**Apresentação do Projeto:**

PROJETO MOVEMENT'S COOL: ASSOCIAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE FÍSICA, COMPETÊNCIA MOTORA, FUNÇÃO EXECUTIVA, VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, E AMBIENTAL DE CRIANÇAS DOS CREIs DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB

**Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo da pesquisa está esclarecedor: analisar a relação entre o nível de atividade física, habilidades motoras, função executiva e condição cardiovascular dos pré-escolares matriculados nos Centros de Referência Infantil da cidade de João Pessoa, além de realizar uma análise ambiental desses centros.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

De acordo com os autores:

Os riscos envolvidos nessa pesquisa são mínimos e com a finalidade de saná-los, caso aconteçam, os pesquisadores serão previamente treinados e preparados para lidar com desconfortos por parte dos pré-escolares.

**Endereço:** UNIVERSITARIO S/N

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7791

**Fax:** (83)3216-7791

**E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 4.102.806

E os benefícios serão: análise da variabilidade da frequência as crianças e os seus respectivos responsáveis legais tenham conhecimento da função autonômica cardíaca de seus filhos e se está dentro dos padrões convencionais de normalidade determinado por este estudo.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa esta estruturada e esclarecedora nos seus objetivos

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

Os termos foram apresentados.

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

Não há pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento                                            | Arquivo                                       | Postagem            | Autor                           | Situação |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1541474.pdf | 01/06/2020 11:03:41 |                                 | Aceito   |
| Outros                                                    | Carta_Resposta_Pesquisador.pdf                | 01/06/2020 09:54:51 | Clarice Maria de Lucena Martins | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | Carta_Anuencia.jpeg                           | 01/06/2020 09:54:16 | Clarice Maria de Lucena Martins | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | Carta_Departamento.pdf                        | 01/06/2020 09:40:12 | Clarice Maria de Lucena Martins | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE.pdf                                      | 20/04/2020 13:29:41 | Clarice Maria de Lucena Martins | Aceito   |

**Endereço:** UNIVERSITARIO S/N

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7791

**Fax:** (83)3216-7791

**E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS  
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 4.102.806

|                                                 |                |                        |                                    |        |
|-------------------------------------------------|----------------|------------------------|------------------------------------|--------|
| Orçamento                                       | Orcamento.pdf  | 20/04/2020<br>13:29:30 | Clarice Maria de<br>Lucena Martins | Aceito |
| Cronograma                                      | Cronograma.pdf | 20/04/2020<br>13:29:19 | Clarice Maria de<br>Lucena Martins | Aceito |
| Projeto Detalhado /<br>Brochura<br>Investigador | projeto.pdf    | 20/04/2020<br>13:29:09 | Clarice Maria de<br>Lucena Martins | Aceito |
| Folha de Rosto                                  | folharosto.pdf | 20/04/2020<br>13:25:38 | Clarice Maria de<br>Lucena Martins | Aceito |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

JOAO PESSOA, 22 de Junho de 2020

---

**Assinado por:**  
**Eliane Marques Duarte de Sousa**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** UNIVERSITARIO S/N

**Bairro:** CASTELO BRANCO

**CEP:** 58.051-900

**UF:** PB

**Município:** JOAO PESSOA

**Telefone:** (83)3216-7791

**Fax:** (83)3216-7791

**E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

## **Anexo 2**

**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROJETO MOVEMENT'S COOL**

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Prezado (a) Senhor (a)

Este projeto é sobre NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA E FATORES SOCIAIS, FÍSICOS, PSICOLÓGICOS, COMPORTAMENTAIS E AMBIENTAIS da criança, e está sendo desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Atividades físicas e Desfechos em Saúde (GEADES), que compõe o Laboratório de Estudos em Treinamento Físico Aplicado ao Desempenho e à Saúde (LETFADS), sob a orientação da Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. CLARICE MARIA DE LUCENA MARTINS.

O objetivo do estudo é avaliar a relação entre os níveis de atividade física e os diversos fatores que podem influenciar e serem influenciados pela prática de atividade física, tais como habilidades motoras, peso corporal, frequência cardíaca, função executiva e o ambiente em que os pré-escolares dos CREIs do município de João Pessoa-PB estão inseridos.

Solicitamos a sua colaboração para coletar dados da sua criança quanto às características da composição corporal (peso, altura, idade, e outras medidas corporais), frequência cardíaca, mapeamento das ondas cerebrais, além da realização de alguns testes físicos que avaliarão o nível de habilidades motoras e a prática de atividade física que ele (a) realiza dentro e fora da escola. Realizaremos também três jogos em dispositivos eletrônicos que analisarão aspectos relacionados ao desenvolvimento da inteligência da sua criança. Solicitamos ainda sua colaboração em responder ao questionário que está junto a esta folha, para que possamos avaliar os estímulos físicos realizados à sua criança, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde e publicar em revistas científicas. Por ocasião da publicação dos resultados, o seu nome e o da sua criança será mantido em sigilo.

Informamos que essa pesquisa não oferece riscos previsíveis para a sua saúde.

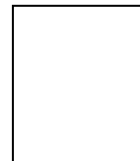
Esclarecemos que a participação da criança é voluntária, portanto o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na Instituição.

Os pesquisadores estarão à sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para minha criança participar da pesquisa e para a publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

---

Assinatura do Responsável Legal



Espaço para  
Impressão datiloscópica

---

Assinatura da Testemunha

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor contatar o (a) pesquisador (a) Clarice Maria de Lucena Martins. Endereço: Cidade Universitária, s/n – Castelo Branco, João Pessoa, CEP 57051-900, telefones: (83) 99993-0116. Email: claricemartinsufpb@gmail.com.

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências da Saúde - 1º andar, Campus I - Cidade Universitária CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB. Telefone: (083) 3216-7791. Email: eticaccsufpb@hotmail.com.

Atenciosamente,



---

Assinatura do Pesquisador Responsável

Obs.: O participante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.



## 24-hour movement behaviour and executive function in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis

Thaynã Alves Bezerra, Cain Craig Truman Clark, Anastácio Neco De Souza Filho, Leonardo De Souza Fortes, Jorge Augusto Pinto Silva Mota, Michael Joseph Duncan & Clarice Maria De Lucena Martins

To cite this article: Thaynã Alves Bezerra, Cain Craig Truman Clark, Anastácio Neco De Souza Filho, Leonardo De Souza Fortes, Jorge Augusto Pinto Silva Mota, Michael Joseph Duncan & Clarice Maria De Lucena Martins (2021) 24-hour movement behaviour and executive function in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis, European Journal of Sport Science, 21:7, 1064-1072, DOI: [10.1080/17461391.2020.1795274](https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1795274)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1795274>



Published online: 17 Aug 2020.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 544



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



Citing articles: 7 View citing articles [↗](#)

ORIGINAL ARTICLE

## 24-hour movement behaviour and executive function in preschoolers: A compositional and isotemporal reallocation analysis

THAYNÃ ALVES BEZERRA <sup>1</sup>, CAIN CRAIG TRUMAN CLARK <sup>2</sup>, ANASTÁCIO NECO DE SOUZA FILHO <sup>1</sup>, LEONARDO DE SOUZA FORTES <sup>1</sup>, JORGE AUGUSTO PINTO SILVA MOTA <sup>3</sup>, MICHAEL JOSEPH DUNCAN <sup>4</sup>, & CLARICE MARIA DE LUCENA MARTINS <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil; <sup>2</sup>School of Health Life Sciences, Coventry University, Coventry, UK; <sup>3</sup>Research Centre of Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sport Sciences, University of Porto, Porto, Portugal & <sup>4</sup>Centre for Applied Biological and Exercise Sciences, Coventry University, Coventry, UK

### Abstract

Adherence to healthy behaviours promotes several health benefits in preschool children, including executive function (EF). Recently, the predictive power of the 24-hour movement behaviour (24 h MB) composition on health outcomes has been evidenced; however, its relationship with EF in preschoolers is unknown. Thus, the present study had two objectives: (1) to analyse the associations between the 24 h MB composition and EF of preschoolers; and (2) to investigate the theoretical changes in EF when time in different movement behaviours is reallocated. This cross-sectional study was carried out with 123 preschoolers (3–5 years old) of low socioeconomic status. Physical activity (PA) and sedentary behaviour were assessed using an accelerometer for 7 days, sleep time was obtained through interviews with parents, and EF was measured using the Early Tool Box battery. To verify the association between 24 h MB and EF, compositional data analysis was used, and for time reallocation, compositional isotemporal substitution analysis was utilized. It was observed that the 24 h MB composition was positively associated with EF ( $p < .0001$ ;  $R^2 = 0.34$ ), and that reallocating 5, 10, 15 or 20 min of the time spent on sleep and light PA to moderate-to-vigorous PA, respectively, was associated with significant improvements in EF ( $p < .05$ ). These findings provide hitherto unseen insight into the relationship between 24 h MB and EF in preschool children, and warrants consideration for researchers and practitioners seeking to improve EF and PA in preschool children.

**Keywords:** Movement behaviour, executive function, composition analysis, preschoolers

### Highlights

- This study analyzed the associations between the 24-hour movement composition behaviours and executive function in preschoolers, and investigated predicted executive function changes when time in different behaviours is reallocated.
- When analyzed as a continuum, the 24-hour movement behaviour predicted children's executive function.
- The substitution of 5, 10, 15 or 20 minutes from light physical activity to moderate-to-vigorous physical activity was positively associated with preschooler's executive function.

### 1. Introduction

Adherence to healthy movement behaviours, such as accruing adequate physical activity (PA), good quality and sufficient sleep time, and low exposure to sedentary behaviour (SB), from early childhood may promote benefits that can extend throughout life (van de Straat et al., 2020). Recent evidence suggests that in early

childhood, PA is related to a healthier cardiometabolic, physical and psychosocial profile, as well as improved motor and cognitive development (Carson et al., 2017), especially in the executive function (EF).

EF is a series of cognitive processes, such as memory, inhibitory control, and cognitive flexibility, which are responsible for organizing and coordinating

Correspondence: Thaynã Alves Bezerra, Department of Physical Education, Federal University of Paraíba, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba, Brazil. E-mail: [thaynaalves.ef@gmail.com](mailto:thaynaalves.ef@gmail.com)

This article has been republished with minor changes. These changes do not impact the academic content of the article.

behaviours to perform complex tasks, especially those that escape routine (Diamond, 2016). Such components are strongly related to the inhibition to maintain the objectives of the task (Miyake et al., 2000). In early childhood, due to the prefrontal cortex immaturity, inhibitory control may represent EF (Wiebe, Espy, & Charak, 2008), and improvements in this component are related to cognitive, social and emotional development (Diamond, 2016).

Results from cross-sectional studies suggest a positive association between PA and EF in early childhood (Willoughby, Wylie, & Catellier, 2018). Indeed, the role of PA on angiogenesis, synaptogenesis, neurogenesis, and in the regulation of a series of neurotrophic factors is well known (Khan & Hillman, 2014). Moreover, during sleep, physiological mechanisms, such as synaptic compensation processes, may improve neuroplasticity, an essential phenomenon to consolidate memory skills (Tononi & Cirelli, 2014), a component of EF. Conversely, SB negatively affects the brain white matter, which is related to cognitive processes (Hutton, Dudley, Horowitz-Kraus, DeWitt, & Holland, 2020).

Nonetheless, in early childhood, a systematic review demonstrates that it is still incipient to conclude the strength and direction of the association between PA and EF (Carson, Hunter, Kuzik, Wiebe, et al., 2016), as the existing prior results are divergent (Cook et al., 2019). Similarly, there is conflicting evidence concerning sleep and EF in early ages (Reynaud, Vecchierini, Heude, Charles, & Plan-coulaine, 2018), and the association between SB and EF may vary according to the type of SB children perform (Carson et al., 2015).

The first years of life are a key-period for EF development, considering the upward maturation of prefrontal cortex is between three and seven years of age, and EF may be influenced by several factors, including movement behaviours (Diamond, 2016). Given that movement behaviours are interrelated, health benefits may be optimized when all components of movement behaviour are considered (Chaput, Carson, Gray, & Tremblay, 2014). Indeed, recent studies have used a compositional approach in order to understand the associations between movement behaviours and health outcomes, and how reallocating time spent in these behaviours, constrained to a 24-hour period, may affect to several outcomes (Chastin, Palarea-Albaladejo, Dontje, & Skelton, 2015). Indeed, considering movement behaviours in an isolated manner is a flawed approach, given that movement behaviours are necessarily bound to 1440 min per day. All incumbent movement behaviours co-exist as a whole or composition, and thus, the time spent in one behaviour effects, and is affected by the other behaviours during the

remaining time of the day (Dumuid et al., 2019). However, to the best of author's knowledge, no study has analysed how the composition of these behaviours is related to EF in early childhood. This information is key for children's development, considering EF in early childhood is a predictor of academic success in subsequent school years, quality of life, physical fitness and personal fulfilment in adulthood (Moffitt et al., 2011).

Thus, the aims of this study were: (1) to analyse the associations between the 24-hour movement composition behaviours and EF of preschoolers; and (2) to investigate predicted changes in EF when time in different behaviours is reallocated. We hypothesized that the compositional 24-hour movement behaviours are more strongly associated with EF than the isolated behaviours, and that reallocating time from other behaviours to time in moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) improves children's EF.

## 2. Methods

### 2.1. Setting and participants

Preschool children aged 3–5-year-old, of both sexes, and regularly registered in 2019 in the Child Education Reference Centers (CREIs) of João Pessoa were eligible. João Pessoa is a large seaside city in the northeast of Brazil, with a mixture of low to middle-income families.

The preschool public education zone is organized in 9 poles, where 86 CREIs are located. From those, 55 institutions have 3–5-year-old registered children, and 10 institutions, located in majority low-income areas of 6 different poles, agreed to participate in the study. For the purpose of this study, two CREIs located in two different poles were conveniently selected. The Human Development Index (HDI) of the CREIs areas range from 0.4 to 0.5, 53.7% of the mothers or fathers were unemployed and over 39% of the mothers and 52% of the fathers had finished the 9th grade or less. All parents/registered children aged 3–5-year-old were invited to participate.

### 2.2. Measures

**2.2.1. Movement behaviours.** PA was objectively assessed using accelerometry (Actigraph, model WGT3-X, Florida, USA). The preschool teachers and the parents/guardians received verbal and written instructions for the correct use of the accelerometer, including placement, and the correct positioning. In addition, throughout the week, parents received three phone calls to remind them about the

accelerometer use. The device initialization, data reduction and analysis were performed using the Acti-Life software (Version 6.13.3, Actigraph, Flórida, USA).

The participants were instructed to wear the accelerometer on the right hip for 7 consecutive days (Wednesday morning to Tuesday afternoon). Children were allowed to remove the device during water-based activities and while sleeping (at night). During preschool time, accelerometers were removed by teachers around 11 a.m. for children's bath and fastened properly after it. Accelerometers were setup to measure acceleration at a 100 Hz sampling rate and analysed as ActiGraph counts, using a 15-s epoch length, and reintegrated to 60-s epochs for analysis. Periods of  $\geq 20$  min of consecutive zero counts were defined as non-wear time and removed from the analysis, and the first day of accelerometer data was omitted from analysis to avoid subject reactivity. Data with a minimum of three days (one weekend and two week days), with a minimum of 8 h of wear time was considered valid. The mean wear time was 10.9 h ( $SD \pm 1.4$  h of wear time between children).

Time spent in the commonly defined intensity domains light, moderate and vigorous PA and SB was estimated using the cut-points for vector magnitude proposed by Butte et al. (2014). Light intensity was defined as 820–3.907 counts, moderate intensity as 3.908–6.111 counts, and vigorous intensity as  $>6.112$  counts. The amount of time spent in SB was estimated as  $\leq 819$  counts.

Parents reported children's usual daily sleep hours. Parents were asked to recall the total average hours their child sleep as follows: 'On weekdays, how many hours of sleep does your child usually have during the night?' and 'On weekend days, how many hours of sleep does your child usually have during the night?'. This approach has been recently used in similar population (Vale & Mota, 2020). The questions were made separately for weekdays and weekend days and combined for analyses. A weighted average was performed for sleep time during the week and the weekend days, and calculated as follows:  $((\text{Sleep on weekdays} \times 5) + (\text{Sleep on weekend days} \times 2))/7$ .

**2.2.2. Executive function.** EF was assessed using Early Years Toolbox – EYT (Howard & Melhuish, 2017), which is a battery of computerized tasks that was developed to specifically assess the EF of children aged three to five years. The battery consists of five tasks assessed from games in an app developed for Ipad: (a) Mr. Ant: visual-spatial working memory; (b) Not This: phonological working memory; (c) Go/No Go: inhibitory control; (d) Card Sorting:

displacement and change; (e) Expressive Vocabulary: language development. The results are computed by the number of correct answers for each task and are sent to an email previously registered.

Although there are three main EF components, at this age group, inhibitory control, working memory and cognitive flexibility are complex and difficult to dissociate, as they share common processes and are not completely dissociable (Diamond, 2016). Given that the first brain maturation peak is reached at the age of seven, it is believed that during early childhood, these components are strongly related to inhibition at the representational level and/or at the maintenance of objectives (Miyake et al., 2000). A factor analysis study carried out by Wiebe et al. (2008) showed that in preschoolers, inhibitory control is able to represent EF. Moreover, previous studies have shown that the Go/No Go test can activate the entire prefrontal cortex (the brain region considered the basis of support for EF), and it is a more robust task than others to establish EF performance (Smith et al., 2017; Willoughby, Blair, Wirth, & Greenberg, 2012). Moreover, after conducting a pilot study with more than 50 children, it was observed that for assessing the three main domains of EF (Inhibitory control, cognitive flexibility and working memory), in our specific context conditions, the average time spent for each child would be around 45 min, leading many children (almost 25) to give up the protocol. So, for the purpose of this study, inhibitory control task was chosen to represent the EF construct.

Inhibitory control was indexed by an impulse control score that represents the product of the Go and No-Go accuracy, representing the strength of the prepotent response to tap whenever a no-go trial is presented, in relation to their ability to overcome this response. The Go and No-Go task consist of touching the screen and 'catching the fish' and 'do not catch the shark'. During the task, 75 fishes and sharks appear on the tablet screen randomly, into three phases. Between each phase, the aim of the task is remembered. To analyse the data, one point was assigned for each correct answer, with the score ranging from 0 to 75 points. This protocol presents satisfactory reliability values with Cronbach's  $\alpha = 0.95$  (Howard & Melhuish, 2017).

**2.2.3. Anthropometric variables.** Body height (cm) and body weight (kg) were determined using a *Holtain* stadiometer, and by digitized weighing scales (Seca 708), while the participant was lightly dressed and barefoot, following a standardized procedure. Body mass index (BMI) was calculated by

dividing body weight with the squared height in meters ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

### 2.3. Procedures

All the schools' staff was informed about the research's goals, protocols, and procedures in meetings with the project coordinator (one session in each school) and agreed to participate in the present study. Children enrolled in CREIs were invited to participate. Trained PE teachers and graduate students conducted the study.

Assessments were conducted during a three-month period (August to October 2019). All children authorized by their parents through the consent form were evaluated. The school administration provided all socio-demographic data (children's age, birth date, parent's contact, and address). Parents were invited for a meeting at school and were interviewed individually. SB and sleep time were collected during this interview. Parents were also information about the accelerometer use. During the following day, anthropometric data and EF were assessed at preschools, and the accelerometer was placed in the participating children, who used it during 7 consecutive days.

### 2.4. Ethics statement

All the ethical aspects were followed. The evaluation methods and procedures were approved by the Research Ethics Committee of Health Science Center (protocol n. 2.727.698), and by the Education Board of the city.

### 2.5. Data analysis

Compositional data analyses, or CoDA, were conducted in R (<http://cran.r-project.org>) using the compositions (version 1.40-1), robCompositions (version 0.92-7) and lmtest (version 0.9-35) packages.

Standard and compositional descriptive statistics were computed for comparison; where, alternate to the standard arithmetic mean, the compositional mean is obtained by, firstly, computing the geometric mean for each individual behaviour (time spent in sleep, SB, LPA [Light Physical Activity], and MVPA) and subsequently normalizing the data to the same constant as the raw data, i.e. 1. This measure is coherent with the relative and symmetrical scale of the data (Aitchison, 1982), whilst univariate statistical measures of dispersion, for instance, standard deviation, are not coherent with the intrinsic inter-dependent multivariable nature of compositional data. Thus,

multivariate dispersion of day composition was described using pairwise log-ratio variation (Chastin et al., 2015). The variability of the data was summarized in a variation matrix that contains all pair-wise log-ratio variances, where a value close to zero indicates that time spent in two respective behaviours are highly proportional, whilst a value close to 1 indicates the opposite.

We adopted a compositional approach based on an isometric log-ratio (ilr) data transformation, adapted from Hron, Filzmoser, and Thompson (2012) (see Mota et al., 2020) to adequately adjust the models for time spent in the other behaviours. Briefly, the ilr coordinates were created using a sequential binary partition (SBP) process (Egozcue & Pawlowsky-Glahn, 2005), which were obtained by partitioning the composition, where one set is designated to appear in the numerator of the first ilr coordinate, and the other in the denominator, next, one of the previously constructed sets is further partitioned into two sets, again coding the parts to be in the numerator (+1), the denominator (-1), and uninvolved parts (0). The final ilr's were constructed as normalized log ratios of the geometric mean of parts (Dumuid et al., 2019). Covariates (age, BMI, and sex) were additionally included as explanatory variables. The ilr multiple linear regression models were further checked for linearity, normality, homoscedasticity, and outliers to ensure assumptions were not violated. The significance of the activity behaviour composition (i.e. the set of ilr coordinates) was examined with the '*car::Anova()*' function, which uses Wald Chi squared to calculate Type II tests, according to the principle of marginality, testing each covariate after all others. The ilr multiple linear regression models were used to predict differences in the outcome variables associated with the reallocation of a fixed duration of time between activity behaviours, whilst the third and fourth remained unchanged. This was achieved by systematically creating a range of new activity compositions to mimic the reallocation of 5, 10, 15, and 20 min, respectively, between all activity behaviour pairs, using the mean composition of the sample as the baseline, or starting composition. The new compositions were expressed as ilr coordinate sets, and each subtracted from the mean composition ilr coordinates, to generate ilr differences. These ilr differences (representing a reallocation between two behaviours) were used to determine estimated differences (95% CI) in all outcomes. Predictions were repeated for pairwise reallocations of 5, 10, 15, and 20 min, respectively, based in previous studies (Dumuid et al., 2019; Mota et al., 2020). The rationale for starting reallocation at 5 min is based on the fact that the revised 2019 PA

Table I. Descriptive statistics of time in movement behaviours

|                    | Sleep                | SB                 | LPA                  | MVPA                | EF       |
|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------|
| Min/day – mean     | 683.6 (180.5)        | 454.6 (147.2)      | 250.9 (47.3)         | 50.9 (23.1)         | –        |
| Arithmetic mean    | 0.47 (0.13)<br>[47%] | 0.31 (10)<br>[31%] | 0.18 (0.03)<br>[18%] | 0.03 (0.01)<br>[3%] | 63 (9.6) |
| Compositional mean | 0.43<br>[43%]        | 0.32<br>[32%]      | 0.20<br>[20%]        | 0.05<br>[5%]        | –        |

Note: Min/day: minutes per day; SB: sedentary behaviour; LPA: light physical activity; MVPA: moderate-to-vigorous physical activity; EF: Executive Function. Data are presented as mean (standard deviation (SD)) [%time per day], except for ‘compositional mean’, which cannot include SD.

guidelines for the UK (Department of Health and Social Care, 2019) have removed the 10-min minimum bout duration for all age groups, and specifically for children, as there is not sufficient evidence for this.

### 3. Results

A total of 168 children were invited to participate in the study, 126 presented parental acceptance, and three did not complete the entire protocol. Thus, 123 children were assessed (50.4% female,  $55.2 \pm 9.2$  months of age). Descriptive statistics of the proportion of time spent in the four behaviours are detailed in Table I, indicating that the mean relative amount of time spent in MVPA is under-estimated by the arithmetic mean, with respect to the compositional alternative, by up to 2% of the day (equating to ~28 min).

The variability of the data is summarized in the variation matrix (Table II) containing all pair-wise log-ratio variances; highlighting that the highest log-ratio variance involved MVPA and sedentary time, suggesting that time spent in MVPA is the least co-dependent on sedentary time.

Data were initially examined using linear regression, for each movement behaviour independently. Results highlighted that LPA and MVPA both significantly predicted EF scores (Table III).

When data were considered as a composition, adjusted for age, BMI, and sex, the composition significantly predicted EF ( $P < .0001$ ;  $r^2 = 0.34$ ).

Moreover, results of isotemporal analysis showed EF significantly improved when reallocating 5, 10, 15, or 20 min from LPA to MVPA. However, reallocating 5, 10, 15, or 20 min from sleep to LPA, or from MVPA to sleep, was associated with a significant reduction in EF. Substituting 15 or 20 min from sleep to sedentary time was associated with a significant reduction in EF (Table IV).

### 4. Discussion

This study sought to investigate the association between 24-h movement behaviours and the EF of preschoolers, in addition to discerning the effect of isotemporal substitution of movement behaviours. The main findings of this study showed that when analysed using traditional linear regression, MVPA in isolation, was negatively associated with EF, whilst no association was seen for sleep time or SB. Nonetheless, when considering the behaviours as a 24-h movement composition, positive significant associations were seen in such a way that they can explain 34% of the variation in the EF of preschoolers.

Evidence regarding the association between MVPA and EF in such ages are scarce and limited. A recent systematic review suggested a positive association between PA and cognitive development (Carson, Hunter, Kuzik, Gray, et al., 2016), and the authors included beneficial effects on at least one outcome of EF domain or language domain. However, six of the seven included studies were

Table II. Pairwise log-ratio variation matrix

|           | Sleep | Sedentary | LPA  | MVPA |
|-----------|-------|-----------|------|------|
| Sleep     | 0.00  | 0.18      | 0.09 | 0.19 |
| Sedentary | 0.18  | 0.00      | 0.11 | 0.24 |
| LPA       | 0.09  | 0.11      | 0.00 | 0.09 |
| MVPA      | 0.19  | 0.24      | 0.09 | 0.00 |

Note: LPA: light physical activity; MVPA: moderate-to-vigorous physical activity. A value approaching ‘0’ indicates high proportionality between pairs of behaviours, whilst a value approaching ‘1’ indicates the opposite.

Table III. Associations between movement behaviours and executive function

|                    | Sleep                  | P value         | SB                    | P value ( $r^2$ ) | LPA                     | P value ( $r^2$ )      | MVPA                     | P value ( $r^2$ )      |
|--------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
|                    | B [95% CI]             | ( $r^2$ )       | B [95% CI]            |                   | B [95% CI]              |                        | B [95% CI]               |                        |
| Executive function | -0.03<br>[-0.29, 0.23] | 0.79<br>(0.001) | 0.21<br>[-0.04, 0.47] | 0.11<br>(0.04)    | -0.31<br>[-0.55, -0.05] | <b>0.02*</b><br>(0.09) | -0.21<br>[-0.42, -0.009] | <b>0.04*</b><br>(0.04) |

Note: All adjusted for age, BMI and sex. B: Beta coefficient; CI: confidence interval; SB: sedentary time; LPA: light physical activity; MVPA: moderate-to-vigorous physical activity; \* significant at  $<0.05$ .

rated weak quality with a high risk of bias. In a recent cross-sectional study looking at associations between objectively measured PA and ST and preschooler's EF skills, Willoughby and colleagues (Willoughby et al., 2018) showed that MVPA was inversely related to performance (accuracy) on EF tasks ( $\beta = -.28$ , 95% CI =  $-.50$  to  $-.06$ ). Furthermore, the authors stated that several intervenient factors may contribute to the observed results, such as hyperactive behaviours (Willoughby et al., 2018). Cook et al. (2019), in low-income South-African preschoolers, reported that PA was not associated with inhibitory control, and reinforced that this association may be limited to the contexts and the activities performed (Diamond, 2016).

It is noteworthy to mention that the assessed children spend 10 h/day at schools, of which 50 min/day (below the recommended) are of objectively measured MVPA. Therefore, the time spent moving during awake time may not be enough for promoting cardiorespiratory fitness, which is closely related to EF in preschoolers (Nieto-López et al., 2020). However, our data showed that reallocating any time above 5 min of sleep or LPA to MVPA, improvements in the preschooler's EF were evident. This finding reinforces an important issue concerning LPA at these ages, since the higher the intensity of PA, greater is the performance in different domains of EF, possibly due to the benefits provided by increased blood flow in the brain (Khan & Hillman, 2014).

Additionally, although a recent systematic review reported a weak positive association between sleep and EF in preschoolers (Reynaud et al., 2018), as a single behaviour, no association was seen in this study. The children assessed in this study spend ten hours per day at school, and during school hours, they have daily naps of approximately 2 h. Lam, Mahone, Mason, and Scharf (2011) demonstrated that children who nap during the day sleep less at night, and that those who slept less at night made more impulsive errors on a computerized go/no-go test. The authors hypothesized that daily napping is a marker for brain development, so that children who nap less have more

mature brains and therefore perform better on neurocognitive function.

In the same way, the associations between SB and EF, or even with other variables related to cognition, are divergent, with some studies reporting a negative association (López-Vicente et al., 2017) and others, positive (Carson et al., 2015). The reallocation of over 15 min from sleep to SB may be harmful to the EF of preschoolers. Although in the current study we were not able to differentiate the time children are napping or awake while lying down, or even the type of activity children are doing during SB, it is known that during sleep, a synaptic compensation process occurs, which ultimately improves neuroplasticity, may be fundamental for memory consolidation (Tononi & Cirelli, 2014), which is one of the main EF skills. Perhaps, for this reason, reallocating sleep time to MVPA was more important for EF than reallocating SB. Moreover because the activities performed during the SB may be directed towards learning, which would justify the increase in EF (Carson et al., 2015).

Furthermore, in preschool ages, SB seems to negatively affect the brain white matter (Hutton et al., 2020), which is related to cognitive processes, including EF. Considering the myelination of white matter tracts, and consequently the efficiency of signal conduction, are highly sensitive to environmental factors (Forbes & Gallo, 2017) it is possible that long periods in SB may have a negative impact on children's EF. Nonetheless, time spent in SB should be interpreted with caution. Indeed, the type of activity promoted could elicit either positive or negative effects on children's EF (activities that promote learning, such as puzzles or thinking games may improve children's EF) (Carson et al., 2015).

Importantly, the use of traditional linear regressions when using compositional data, such as daily PA, may yield spurious results, as it assumes no time-bounds, and may lead to incorrect inferences concerning movement behaviours and their association with EF. All movement behaviours co-exist as a whole or composition, and thus, the time spent in one behaviour effects, and is affected by the other behaviours during the

Table IV. Isotemporal substitutions for 5, 10, 15, and 20-min reallocations

| EF | Total<br>(95% CI) | Add<br>Remove | Sleep |  | Sleep |  | Sleep |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  | SB |  |
|----|-------------------|---------------|-------|--|-------|--|-------|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|
|----|-------------------|---------------|-------|--|-------|--|-------|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|----|--|

Note: CI: confidence interval; SB: sedentary time; LPA: light physical activity; MVPA: moderate-to-vigorous physical activity; \* significant at <0.05.

remaining time of the day (Chen et al., 2019). So, when considering the behaviours as a 24-hour movement composition, it explained 34% of the variation in the EF task performed. Additionally, the largest negative change was shown when removing sleep and adding LPA, with unit changes of -1.46 at 20 min. Whilst the largest positive change was shown when adding MVPA, at the expense of LPA, reaching a 1.43 unit-change at 20 min of reallocation.

Although there are no previous studies that have analysed associations between such movement composition and EF in preschoolers, we believe that the composition promoted by each behaviour may provide accumulative benefits in the children's immature prefrontal cortex. In the early years, information's capacity and speed, which are functionally essential for neuronal plasticity, increase. In addition, the environment plays an important role in sculpting the brain to adapt to environmental contexts (Khan & Hillman, 2014). Thus, we hypothesize that the sum of healthy lifestyle behaviours in this age group, such as PA (Carson, Hunter, Kuzik, Wiebe, et al., 2016), sleep (Tononi & Cirelli, 2014) and SB (Hutton et al., 2020) may be factors that potentialize brain's functions.

Although this is the first study to analyse the associations between the 24-h movement composition behaviours and EF of preschoolers, and to investigate predicted changes in EF when time in different behaviours is reallocated, our study has limitations that must be considered. Whilst we assessed the inhibitory control domain of EF. Nonetheless, it is important to highlight that high cognitive demands for a prolonged time can cause mental fatigue (Smith, Chai, Nguyen, Marcora, & Coutts, 2019), which may impair EF, especially when the cognitive task is performed on a smartphone or tablet (Fortes et al., 2020). So, we strongly believe that the stress associated with the time spent to assess the entire protocol (five tasks) compromises the results due to the associated mental fatigue inherent to a prolonged cognitive task (approximately 50 min in adults) (Smith et al., 2019). It is also worth mentioning that the indirect assessment of sleep time, the lack of information on the type of activity performed during the SB, the psychosocial correlates, and the direction of the observed associations are limitations that must be considered in future studies. Further, although the current study comprises specific low-income children, which may reduce its external validity, the possible mechanisms linking EF and PA are likely similar. Moreover, this study covers an under investigated sample, that can benefit from these results.

The predominant strength of this study is the use of a sensitive and statistically accurate compositional approach based on objectively and validated measurement of PA and SB to assess movement behaviours association with EF in low-income preschool children, these characteristics reinforce the internal validity of the present study. As there are no prior published studies, that the authors are aware of, which have used a compositional behaviour analysis approach, direct comparisons with other studies are not possible. However, this clearly highlights the need for further examinations in this field, where the constrained nature of PA behaviours is acutely considered.

## 5. Conclusion

The use of a compositional paradigm permits novel insight into the relationship between activity behaviours and EF in preschool children. The current study highlighted that when analysed as a continuum, the 24-h movement behaviour composition significantly predicted children's EF. Moreover, increasing time spent in MVPA at the expense of LPA and sleep, was associated with positive changes in preschooler's EF. This represents an important finding, particularly for creating and optimizing interventions with a developmental perspective, although the identification of causal relationships between these variables requires further investigation.

## Funding

Clarice Martins was supported by Brazilian Federal Foundation for Support and Evaluation of Graduate Education – CAPES [grant number CAPES-PRINT – 88887.369625/2019-00].

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

## ORCID

Thaynã Alves Bezerra  <http://orcid.org/0000-0003-3296-4747>

Cain Craig Truman Clark  <http://orcid.org/0000-0002-6610-4617>

Anastácio Neco De Souza Filho  <http://orcid.org/0000-0002-0724-4513>

Leonardo De Souza Fortes  <http://orcid.org/0000-0002-0778-769X>

Jorge Augusto Pinto Silva Mota  <http://orcid.org/0000-0001-7571-9181>

Michael Joseph Duncan  <http://orcid.org/0000-0002-2016-6580>

Clarice Maria De Lucena Martins  <http://orcid.org/0000-0002-4947-9329>

## References

- Aitchison, J. (1982). The statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 44, 139–160.
- Butte, N. F., Wong, W. W., Lee, J. S., Adolph, A. L., Puyau, M. R., & Zakeri, I. (2014). Prediction of energy expenditure and physical activity in preschoolers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46, 1216–1226.
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J. P., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: An update. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41, S240–S265.
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Wiebe, S. A., Spence, J. C., Friedman, A., ... Hinkley, T. (2016). Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 573–578.
- Carson, V., Kuzik, N., Hunter, S., Wiebe, S. A., Spence, J. C., Friedman, A., ... Hinkley, T. (2015). Systematic review of sedentary behavior and cognitive development in early childhood. *Preventive Medicine*, 78, 115–122.
- Carson, V., Lee, E. Y., Hewitt, L., Jennings, C., Hunter, S., Kuzik, N., ... Tremblay, M. S. (2017). Systematic review of the relationships between physical activity and health indicators in the early years (0–4 years). *BMC Public Health*, 17, 854.
- Chaput, J.-P., Carson, V., Gray, C. E., & Tremblay, M. S. (2014). Importance of all movement behaviors in a 24 hour period for overall health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 12575–12581.
- Chastin, S. F. M., Palarea-Albaladejo, J., Dontje, M. L., & Skelton, D. A. (2015). Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: A novel compositional data analysis approach. *PLoS One*, 10, e0139984.
- Chen, B., Bernard, J. Y., Padmapriya, N., Yao, J., Goh, C., Tan, K. H., ... Müller-Riemenschneider, F. (2019). Socio-demographic and maternal predictors of adherence to 24-hour movement guidelines in Singaporean children. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(70), 1–11.
- Cook, C. J., Howard, S. J., Scerif, G., Twine, R., Kahn, K., Norris, S. A., & Draper, C. E. (2019). Associations of physical activity and gross motor skills with executive function in preschool children from low-income South African settings. *Developmental Science*, 22, e12820.
- Department of Health and Social Care. (2019). *Guidance from the chief medical officers in the UK on the amount and type of physical activity people should be doing to improve their health*. London.
- Diamond, A. (2016). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. In J. A. Griffin, P. McCardle, & L. S. Freund (Eds.), *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research* (pp. 11–43). Kansas: American Psychological Association.
- Dumuid, D., Pedišić, Ž., Stanford, T. E., Martín-Fernández, J. A., Hron, K., Maher, C. A., ... Olds, T. (2019). The compositional isotemporal substitution model: A method for estimating changes in a health outcome for reallocation of time between sleep, physical activity and sedentary behaviour. *Statistical Methods in Medical Research*, 28, 846–857.

- Egozcue, J. J., & Pawlowsky-Glahn, V. (2005). Groups of parts and their balances in compositional data analysis. *Mathematical Geology*, 37, 795–828.
- Forbes, T. A., & Gallo, V. (2017). All wrapped up: Environmental effects on myelination. *Trends in Neurosciences*, 40, 572–587.
- Fortes, L. S., De Lima-Junior, D., Fiorese, L., Nascimento-Júnior, J., Mortatti, A. L., & Ferreira, M. (2020). The effect of smartphones and playing video games on decision-making in soccer players: A crossover and randomised study. *Journal of Sports Sciences*, 30(5), 1–7.
- Howard, S. J., & Melhuish, E. (2017). An early years toolbox for assessing early executive function, language, self-regulation, and social development: Validity, reliability, and preliminary Norms. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35, 255–275.
- Hron, K., Filzmoser, P., & Thompson, K. (2012). Linear regression with compositional explanatory variables. *Journal of Applied Statistics*, 39, 1115–1128.
- Hutton, J. S., Dudley, J., Horowitz-Kraus, T., DeWitt, T., & Holland, S. K. (2020). Associations between screen-based media use and brain white matter Integrity in preschool-aged children. *JAMA Pediatrics*, 174, e193869.
- Khan, N. A., & Hillman, C. H. (2014). The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatric Exercise Science*, 26, 138–146.
- Lam, J. C., Mahone, E. M., Mason, T., & Scharf, S. M. (2011). The effects of napping on cognitive function in preschoolers. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 32, 90–97.
- López-Vicente, M., Garcia-Aymerich, J., Torrent-Pallicer, J., Forns, J., Ibarluzea, J., Lertxundi, N., ... Sunyer, J. (2017). Are early physical activity and sedentary behaviors related to working memory at 7 and 14 years of age? *The Journal of Pediatrics*, 188, 35–41.e1.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 2693–2698.
- Mota, J. G., Clark, C. C. T., Bezerra, T. A., De Lemos, L. F. G., Reuter, C. P., Mota, J. A. P. S., ... Martins, C. M. D. L. (2020). 24-hour movement behaviours and fundamental movement skills in preschool children: A compositional and isotemporal substitution analysis. *Journal of Sports Sciences*. doi:10.1080/02640414.2020.1770415
- Mundial, A. M., & Parsa-Parsi, R. W. (2017). The Revised Declaration of Geneva: A Modern-Day Physician's Pledge. *JAWA*, 318(20), 1971–1972. doi:10.1001/jama.2017.16230.
- Nieto-López, M., Sánchez-López, M., Visier-Alfonso, M. E., Martínez-Vizcaino, V., Jiménez-López, E., & Álvarez-Bueno, C. (2020). Relation between physical fitness and executive function variables in a preschool sample. *Pediatric Research*. doi:10.1038/s41390-020-0791-z
- Reynaud, E., Vecchierini, M.-F., Heude, B., Charles, M.-A., & Plancoulaine, S. (2018). Sleep and its relation to cognition and behaviour in preschool-aged children of the general population: A systematic review. *Journal of Sleep Research*, 27, e12636.
- Smith, E., Anderson, A., Thurm, A., Shaw, P., Maeda, M., Chowdhry, F., ... Gandjbakhche, A. (2017). Prefrontal activation during executive tasks emerges over early childhood: Evidence from functional near infrared spectroscopy. *Developmental Neuropsychology*, 42, 253–264.
- Smith, M. R., Chai, R., Nguyen, H. T., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. *The Journal of Psychology*, 153, 759–783.
- Tononi, G., & Cirelli, C. (2014). Sleep and the price of plasticity: From synaptic and cellular homeostasis to memory consolidation and Integration. *Neuron*, 81, 12–34.
- Vale, S., & Mota, J. (2020). Adherence to 24-hour movement guidelines among Portuguese preschool children: The prestyle study. *Journal of Sports Sciences*, 1–6. doi:10.1080/02640414.2020.1775385
- van de Straat, V., Cheval, B., Schmidt, R. E., Sieber, S., Courvoisier, D., Kliegel, M., ... Bracke, P. (2020). Early predictors of impaired sleep: A study on life course socioeconomic conditions and sleeping problems in older adults. *Aging & Mental Health*, 24, 322–332.
- Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, 44, 575–587.
- Willoughby, M. T., Blair, C. B., Wirth, R. J., & Greenberg, M. (2012). The measurement of executive function at age 5: Psychometric properties and relationship to academic achievement. *Psychological Assessment*, 24, 226–239.
- Willoughby, M. T., Wylie, A. C., & Catellier, D. J. (2018). Testing the association between physical activity and executive function skills in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 44, 82–89.

