

## Funções executivas predizem o processamento de habilidades básicas de leitura, escrita e matemática?

*¿Las funciones ejecutivas predicen el procesamiento de habilidades básicas como la lectura, la escritura y las matemáticas?  
Les fonctions exécutives prédisent le traitement des compétences de base en lecture, en écriture et en mathématiques?  
Executive functions predict the processing of basic reading, writing, and mathematics skills?*

Hosana Alves Gonçalves<sup>1</sup>, Vanisa Fante Viapiana<sup>1</sup>, Marcia Santos Sartori<sup>1</sup>, Claudia Hofheinz Giacomoni<sup>2</sup>, Lilian Milnitsky Stein<sup>1</sup> & Rochele Paz Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

*Agradecimento: aos órgãos de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).*

### Resumo

As funções executivas (FE) têm sido consideradas um dos principais preditores do desempenho escolar, no entanto, pouca ênfase tem se dado para o papel da FE em níveis mais básicos de escrita, leitura e aritmética. O objetivo deste estudo foi analisar o quanto estes três domínios acadêmicos são influenciados pelos componentes de inibição, flexibilidade cognitiva (FC), memória de trabalho (MT) e iniciação/velocidade de processamento. Foram avaliados 302 escolares de 1º a 9º ano do Ensino Fundamental (EF) com tarefas de avaliação dos construtos mencionados. Análises de regressão linear indicaram que a MT fonológica e a velocidade de acesso lexical são preditores para leitura, escrita e aritmética desde os anos iniciais até os finais do EF. Além destas habilidades, a inibição, a FC, e a velocidade de processamento se mostraram fortes preditoras, mas com variações ao longo da vida escolar. Em ordem decrescente de impacto das FE na aprendizagem, destacam-se: matemática, escrita e leitura. Este estudo ressalta a importância da flexibilidade cognitiva para o processamento dos três domínios acadêmicos e fornece evidências do envolvimento do processamento executivo com a habilidade de escrita, relação ainda pouco explorada na literatura.

Palavra-chave: Funções executivas, desempenho escolar, escrita, leitura, aritmética.

### Resumen

Las funciones ejecutivas (FFEE) han sido consideradas uno de los principales predictores del desempeño escolar. Sin embargo, no se ha hecho demasiado énfasis en el papel que las FFEE cumplen en niveles más básicos de escritura, lectura y aritmética. El objetivo de este estudio fue analizar cuánto son influenciados estos tres dominios académicos por los componentes de inhibición, flexibilidad cognitiva (FC), memoria de trabajo (MT) e iniciación / velocidad de procesamiento. Se evaluaron 302 sujetos en edad escolar de 1º a 9º año de la Enseñanza Fundamental (EF) con tareas de evaluación de los constructos mencionados. Los análisis de regresión lineal indicaron que la MT fonológica y la velocidad de acceso léxico son predictores para la lectura, la escritura y la aritmética desde los años iniciales hasta el fin de la EF. Además de estas habilidades, la inhibición, la FC y la velocidad de procesamiento resultaron fuertes predictores con variaciones a lo largo de la vida escolar. En orden decreciente de impacto de las FFEE, se destacan los siguientes dominios de aprendizaje: matemática, escritura y lectura. Este estudio resalta la importancia de la flexibilidad cognitiva para el procesamiento de los tres dominios académicos y proporciona evidencia acerca de implicación del procesamiento ejecutivo en la habilidad de escritura, relación aún poco explorada en la literatura.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, desempeño escolar, escritura, lectura, aritmética.

### Résumé

Les fonctions exécutives (FE) ont été considérées comme l'un des principaux prédicteurs de la performance scolaire, cependant, peu d'importance a été accordée au rôle de l'EF dans les niveaux plus basiques d'écriture, de lecture et

Artigo recebido: 10/11/2017; Artigo revisado (1a revisão): 18/12/2017; Artigo aceito: 20/12/2017.

Correspondências relacionadas a esse artigo devem ser enviadas a Rochele Paz Fonseca, Avenida Ipiranga, 6681 – Prédio 11, sala 932, CEP 90619-900, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: [rochele.fonseca@gmail.com](mailto:rochele.fonseca@gmail.com).

DOI: 10.5579/rnl.2016.0393

d'arithmétique. L'objectif de cette étude était d'analyser si ces trois domaines académiques sont influencés par les composantes de l'inhibition, de la flexibilité cognitive (CF), de la mémoire de travail (WM) et de la vitesse d'initiation / de traitement. Nous avons évalué 302 élèves de la première à la neuvième année de l'école primaire avec des tâches pour évaluer les constructions mentionnées. L'analyse de régression linéaire a indiqué que la vitesse phonologique et la vitesse d'accès lexicale phonologique sont des facteurs prédictifs pour la lecture, l'écriture et l'arithmétique de la première à la dernière année de l'école élémentaire. En plus de ces capacités, l'inhibition, la FC et la vitesse de traitement étaient de bons prédicteurs, mais avec des variations tout au long de la vie scolaire. Dans l'ordre décroissant de l'impact des FE sur l'apprentissage, on distingue: les mathématiques, l'écriture et la lecture. Cette étude souligne l'importance de la flexibilité cognitive pour le traitement des trois domaines académiques et fournit la preuve de l'implication du traitement exécutif avec la capacité d'écriture, une relation encore peu explorée dans la littérature.

Mots-clés: Fonctions exécutives, performance scolaire, écriture, lecture, arithmétique.

#### Abstract

Executive functions (FE) have been considered one of the main predictors of school performance, however, little emphasis has been placed on the role of EF in more basic levels of writing, reading, and arithmetic. The objective of this study was to analyze whether these three academic domains are influenced by the components of inhibition, cognitive flexibility (CF), working memory (WM) and initiation / processing speed. We evaluated 302 students from 1st to 9th grade of elementary school with tasks to evaluate the mentioned constructs. Linear regression analysis indicated that phonological WM and lexical access velocity are predictors for reading, writing and arithmetic from the first to the last grade of elementary school. In addition to these abilities, inhibition, CF, and processing speed were strong predictors, but with variations throughout school life. In order of decreasing impact of EFs on learning, the following stand out: mathematics, writing and reading. This study emphasizes the importance of cognitive flexibility for the processing of the three academic domains and provides evidence of the involvement of executive processing with the writing ability, a relation still little explored in the literature.

Keywords: Executive functions, school performance, writing, reading, arithmetic.

#### Introdução

As funções executivas (FE) tem grande influência sobre o desempenho acadêmico por estarem associadas ao ajustamento e ao desenvolvimento cognitivo, emocional, comportamental e social (Diamond, 2013). O conhecimento a respeito da importância do processamento executivo para a aprendizagem escolar tem inclusive estimulado pesquisadores a desenvolver programas de estimulação destas funções voltados para o contexto clínico-educacional (Cardoso, Dias, Seabra, & Fonseca, 2017; Deaño, Alfonso, & Das, 2015; Korzeniowski, Ison, & Difabio, 2017; Pureza, & Fonseca, 2017).

O desenvolvimento típico das FE está diretamente relacionado ao sucesso escolar em crianças no início da aprendizagem formal (Blair, & Razza, 2007; McClelland, Cameron, Connor, Farris, Jewkes, & Morrison, 2007; Ponitz, McClelland, Matthews, & Morrison, 2009), bem como ao desempenho ao longo do percurso acadêmico (Jacobson, Williford, & Pianta, 2011). Por ser uma característica individual associada à capacidade para agir de forma adaptativa, o funcionamento executivo de cada criança pode ser generalizado e observado em diferentes contextos. Neste caso, provavelmente as crianças com maior capacidade de autorregulação comportamental utilizam esta mesma habilidade durante o processo de aprendizagem escolar (Roebbers, Cimeli, Marianne, & Neuenschwander, 2012).

Os estudos tem mostrado a influência da memória de trabalho (MT), da flexibilidade cognitiva e do controle inibitório no desempenho da leitura, da produção escrita e das habilidades matemáticas (Cragg, & Gilmore, 2014; St. Clair-Thompson & Gathercole, 2009; Altemeier, Abbott, & Berninger, 2008). Entretanto, geralmente as pesquisas que analisam o efeito das FE sobre a aprendizagem escolar são realizadas com crianças em uma fase cujas habilidades mais básicas já estão automatizadas, consolidadas. Por este motivo

identifica-se na literatura um foco muito maior na compreensão leitora (Arán-Filippetti & López, 2016; Cutting, Materek, Cole, Levine, & Mahone, 2009), na produção textual (Hooper, Swartz, Wakely, De Kruif, & Montgomery, 2002; Altemeier, Abbott & Berninger, 2006) e em operações matemáticas que exigem níveis mais complexos de abstração, como resolução de problemas, álgebras, entre outros (Lee, Ng, & Ng, 2009). Entende-se que o interesse nestes processos específicos seja devido ao elevado grau de complexidade, além de maior maturidade cognitiva e supostamente do forte envolvimento das FE na realização e no desenvolvimento dos mesmos.

Por sua vez, dependendo da faixa etária, espera-se que habilidades simples de decodificação, escrita de palavras e operações matemáticas básicas (como contagem e resolução de somas) estejam automatizadas em crianças em desenvolvimento típico (Pagliarin, Pereira, Fonseca, 2016). Este processo de automatização permite que os recursos cognitivos de nível superior estejam disponíveis para a resolução de tarefas mais complexas (Keenan, Hua, Meenan, Pennington, Willcutt, & Olson, 2014; Olive, 2004). Já é consenso que FE envolvem esforço para resolver problemas não rotineiros e que não podem ser solucionados a partir de processos automáticos (Diamond, 2013). Neste caso é possível inferir que processos mais básicos de leitura, escrita e matemática recrutariam menos processos executivos do que aqueles que exigem mais formulação e implementação de estratégias e automonitoramento (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Cragg, & Gilmore, 2014; Hooper et. al, 2002; Sesma, Mahone, Levine, Eason, & Cutting, 2009; Shaywitz, Lyon, & Shaywitz, 2006). Porém, estudos com neuroimagem tem demonstrado a ativação de áreas frontais do cérebro como o giro frontal medial e inferior ou a área dorsolateral esquerda durante os anos escolares iniciais. Por outro lado, identifica-se a diminuição desta ativação ao longo do processo de aprendizagem escolar. Acredita-se que esta mudança ocorra

devido à menor dependência dos processos controlados de memória de trabalho e inibição à medida que ocorre a aquisição das habilidades consideradas básicas (Cragg, & Gilmore, 2014).

Estudos longitudinais realizados com crianças de 1º a 4º ano tem identificado efeito da memória de trabalho e do controle inibitório, associado a fatores emocionais, nas habilidades de leitura e escrita (Monette, Bigras, & Guay, 2011). Da mesma forma, há estudos que encontram efeito direto do controle inibitório e da flexibilidade cognitiva na alfabetização nos quatro primeiros anos escolares (Altemeier, Abbott, & Berninger, 2008). Mais especificamente, quanto à aprendizagem da leitura, é importante ressaltar que pelo menos dois períodos fundamentais são visivelmente delimitados: o de aprender a ler (decodificar) e o de ler para aprender (compreender textos) (Christopher, Miyake, Keenan, Pennington, DeFries, Wadsworth et al., 2012). Estas duas etapas exigem esforço e prática para garantir o desempenho bem sucedido.

No que se refere ao desempenho em matemática, estudos longitudinais sugerem que o desenvolvimento executivo na pré-escola potencializa a aquisição de habilidades matemáticas na idade escolar (Roebbers, Cimeli, Marianne, & Neuenschwander, 2012; Clark, Woodward, 2010; Viterbori, Usai Traverso, de Franchis, 2015). Um estudo realizado com 1.292 crianças norte americanas identificou que o desempenho em matemática no 5º ano é explicado pela interação de FE e pelo desempenho em matemática nos primeiros anos escolares. O estudo mostra ainda que crianças com piores resultados em matemática nos anos iniciais, mas com alto funcionamento executivo podem superar o desempenho dos demais no 5º ano (Ribner, Willoughby, & Blair, 2017). Em especial, a memória de trabalho tem se mostrado como único preditor das habilidades matemáticas na maioria dos estudos, tanto o componente executivo central quanto seus componentes verbais e visuoespaciais (Bull, & Lee, 2014; Geary, 2011; Simmons, Willis, & Adams, 2012; Purpura & Ganley, 2013).

Embora seja consensual a participação da memória de trabalho para o desenvolvimento de todos os domínios acadêmicos em seus diferentes níveis de complexidade, os estudos que avaliam a relação entre outros componentes das FE e o desenvolvimento escolar apresentam resultados contraditórios. Adicionalmente, são poucos os estudos que relacionam os três principais componentes de FE – controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva – com os três principais desfechos da aprendizagem escolar – leitura, escrita e matemática, em busca de uma compreensão acerca de preditores destes últimos. Por fim, a falta de consenso entre as pesquisas parece estar associada às diferenças de idade da amostra de cada estudo, aos instrumentos utilizados para avaliar cada habilidade ou, até mesmo, à diferença no tamanho das amostras (Jacob & Parkinson, 2015). Neste contexto, torna-se fundamental a condução de estudos baseados em diversas faixas etárias e em uma bateria ampla que avalie diferentes componentes de FE em uma mesma amostra. A proposta deste estudo é de analisar o efeito das FE – memória de trabalho, inibição, iniciação/velocidade de processamento e flexibilidade

cognitiva - na leitura e escrita de palavras e na resolução de operações aritméticas a partir de uma tarefa cujos estímulos abarcam diferentes níveis de complexidade para crianças de primeiro a nono ano do ensino fundamental brasileiro. A principal hipótese é de que FE vão predizer principalmente o desempenho dos participantes dos anos iniciais por necessitarem utilizar mais processos controlados (que também estão em desenvolvimento) e necessitarem mais esforço cognitivo, com menor domínio automático sobre o gerenciamento de recursos cognitivos. É provável que isso ocorra devido à incipiência de conhecimentos prévios que possam fundamentar o raciocínio para a resolução das tarefas e à possível não automatização destes processos cognitivos básicos.

## Método

### *Participantes*

Participaram deste estudo 302 estudantes de 1º a 9º ano ( $M=4,61$ ,  $DP=2,31$ ), com idades entre 6 e 15 anos ( $M=10,20$ ,  $dp=2,34$ ), de escolas públicas e privadas (67,9% privada) e de ambos os sexos (57% meninas). Foram incluídas na amostra crianças e adolescentes com QI igual ou superior a 80 na Escala Wechsler Abreviada de Inteligência (WASI) e sem dificuldades escolares relacionadas à aprendizagem e a comportamentos sugestivos de transtornos psiquiátricos e/ou neurológicos

A amostra participante, embora considerada única, deve ser caracterizada de acordo com a versão do Teste de Desempenho Escolar (TDE-II) que foi utilizada, compatível com cada faixa educacional (Stein, Fonseca & Giacomoni, em preparação). Estes subgrupos terão escores entre testes analisados em estudo de regressão com sua respectiva versão do TDE-II. Assim, conforme as médias observadas na Tabela 2 os participantes que realizaram a versão A do TDE-II eram significativamente mais novos e tinham nível de escolaridade mais baixo do que aqueles que responderam à versão B ( $p<0,001$ ). Dos participantes que responderam à versão A, 69% eram de escola privada e 50,7 eram meninas. Já dos que responderam à versão B, 69,5% eram de escola privada e 62,9% eram meninas. Não foram identificadas diferenças entre os participantes que responderam as diferentes versões do TDE-II quanto ao QI ( $p=0,77$ ) e à frequência de sintomas de desatenção e hiperatividade em sala de aula mensurados pelo questionário abreviado de Conners ( $p=0,51$ ).

### *Procedimentos e instrumentos*

Este estudo faz parte do projeto guarda-chuva de Atualização do Teste de Desempenho Escolar (TDE-II) aprovado pelo Comitê de Ética da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CAAE: 06624312.7.0000.5336). Os participantes foram recrutados e avaliados no ambiente escolar mediante autorização dos responsáveis a partir de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Além disso, os responsáveis responderam ao questionário de dados sócio-demográficos e de aspectos de saúde (Fonseca, Jacobsen e Pureza, 2015). Os professores

regentes de cada turma ou que conviviam mais com o aluno, responderam ao questionário abreviado de Connors (Barbosa, 1995) para cada participante.

Os estudantes responderam a uma bateria de avaliação neuropsicológica e de desempenho escolar que incluía as ferramentas descritas na sessão Instrumentos deste estudo. A aplicação foi realizada em dois encontros, de forma individual. Organizaram-se duas ordens de aplicação a fim de evitar efeitos de fadiga, de aprendizagem, bem como de interferência entre as tarefas.

#### *Instrumentos*

Com a finalidade de avaliação dos critérios de exclusão para composição da amostra foram utilizados dois questionários e a Escala Wechsler Abreviada de Inteligência (WASI). Para atingir os objetivos propostos neste estudo foram aplicados instrumentos de avaliação da escrita, leitura e neuropsicológicos, listados todos a seguir:

#### *Instrumentos de caracterização da amostra*

*Questionário de fatores de saúde, sociodemográficos e culturais para avaliação neuropsicológica infantil (Fonseca, Jacobsen e Pureza, 2015):* Questionário de autorrelato preenchido pelos pais ou responsáveis do estudante, com questões referentes a dados pessoais (ex. nome, escolaridade), demográficos (ex. tipo de escola), aspectos de saúde (doenças, neurológicas, psiquiátricas, acidentes e tratamentos), questões escolares (ex. conhecimentos de outras línguas, repetências), aspectos socioeconômicos (ex. profissão e anos de escolaridade dos pais, serviços públicos que a residência possui), hábitos culturais (ex. hábitos de leitura e escrita da criança e do cuidador, atividades extracurriculares). Com objetivo de investigar aspectos da história de vida do participante. Além disso, neste questionário estão incluídas questões referentes ao nível socioeconômico e estratificação dos participantes (ABEP, 2013). No Brasil, quanto mais próximo ao estrato A (pontuação ABEP entre 45 e 100), melhores as condições de moradia, mais acesso a serviços públicos, maior o grau de instrução da família e mais bens o participante possui.

*Questionário abreviado de Connors (Barbosa, 1995):* Questionário autoaplicável, respondido por um professor de maior convívio com a criança. Apresenta 10 afirmativas de possíveis comportamentos do estudante, avaliadas através de uma escala Likert de 4 pontos (de 0-Nunca a 3- Sempre) e estimam o quanto a conduta da criança pode ser tida como hiperativa. Conta também questões descritivas a respeito da conduta da criança em sala de aula, se a criança tem método de ensino especial e se o professor percebe algum tipo de dificuldade de aprendizagem. A pontuação máxima é de 30 pontos.

*Escala Wechsler Abreviada de Inteligência – WASI (Trentini, et al., 2014):* Instrumento aplicado individualmente, em indivíduos de 6 a 89 anos. É composta por quatro subtestes: Vocabulário, Cubos, Semelhanças e Raciocínio Matricial, que avaliam vários aspectos cognitivos, como conhecimento verbal, processamento de informação visual,

raciocínio espacial e não verbal, inteligência fluída e cristalizada. Foram analisados apenas os subtestes Vocabulário e Raciocínio Matricial que geram o QI estimado dos participantes. Os resultados dos subtestes da WASI foram analisados como parte da bateria de avaliação neuropsicológica: Vocabulário representando uma prova de linguagem em nível léxico-semântico e de memória semântica; Raciocínio matricial – funções executivas de abstração, apreensão de regras visuoespaciais.

#### *Avaliação do desempenho escolar*

*Teste de Desempenho Escolar – Segunda Edição (TDE-II) (Stein, Fonseca & Giacomoni, em preparação):* foram utilizados os subtestes de Leitura, de Escrita e de Aritmética do TDE-II:

*Subteste de Leitura do TDE-II (Stein, Fonseca & Giacomoni, em preparação):* Avalia a leitura de palavras isoladas. Apresenta duas versões, a Versão A composta por 36 itens (Alfa de Cronbach = 0,86) para avaliar estudantes de 1º a 4º ano. Versão B com 33 itens (Alfa de Cronbach = 0,89) aplicados em estudantes de 5º a 9º ano. As duas versões se diferem quanto ao nível de dificuldade das palavras a serem lidas. Neste estudo analisaram-se os itens de forma dicotômica (certo/errado) e aceitaram-se as autocorrekções. Contabilizou-se um ponto para cada resposta correta. Utilizou-se o critério de interrupção da aplicação do teste de 10 erros consecutivos. A aplicação foi individual, gravada e cronometrada para posterior correção.

*Subteste de Escrita do TDE-II (Stein, Fonseca & Giacomoni, em preparação; Athayde, Giacomoni, Mendonça, Fonseca & Stein, 2016):* Avalia a escrita de palavras isoladas, através de um ditado. Conta com duas versões, a Versão A (Alfa de Cronbach = 0,98) é aplicável em estudantes de 1º a 4º ano e a Versão B (Alfa de Cronbach = 0,86) em estudantes de 5º a 9º ano: Ambas versões são compostas por 40 itens, os quais se diferem quanto ao nível de dificuldade das palavras a serem escritas. O avaliando é orientado a não utilizar borracha e a circular possíveis equívocos escrevendo a forma correta ao lado. Esse procedimento tem como objetivo possibilitar uma análise qualitativa dos erros de escrita. Neste estudo, a aplicação foi individual e cronometrada. Os itens foram avaliados de forma dicotômica, acerto ou erro. Contabilizou-se um ponto para cada resposta correta. Utilizou-se como critério de interrupção dez erros consecutivos.

*Subteste Aritmética do TDE-II (Stein, Fonseca & Giacomoni, em preparação; Viapiana, Giacomoni, Stein, & Fonseca, 2016):* O Subteste Aritmética é composto por duas versões. A Versão A (Alfa de Cronbach = 0,95) reúne 37 itens de avaliação desenvolvidos para estudantes de 1º a 5º ano do EF. Esta versão inclui itens iniciais de processamento numérico (contagem, escrita de números em formato arábicos, sequência numérica, magnitude simbólica e problemas orais de operações aritméticas simples), itens que envolvem as quatro operações básicas, escrita de números decimais, noções e operações simples com frações. Já a Versão B (Alfa de Cronbach = 0,97) é composta por 43 itens para avaliação de estudantes de 6º a 9º ano do EF, os quais envolvem as quatro operações básicas em cálculos multidígitos, operações com frações, operações com números inteiros, potenciação e

radiação. As normas e os padrões de aplicação e correção do Subteste estão em processo de construção. Neste estudo, a aplicação foi individual, sem tempo limite. Os itens foram avaliados de forma dicotômica, certo ou errado. Contabilizou-se um ponto para cada resposta correta. Utilizou-se como critério de interrupção 6 erros consecutivos.

#### *Instrumentos de avaliação neuropsicológica*

*Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Infantil – NEUPSILIN-Inf* (Salles, Fonseca, Rodrigues, Melo, Barbosa & Miranda, 2011; Salles, Fonseca, Parente, Cruz-Rodrigues, Mello, Barbosa, & Miranda, 2016): Para esse estudo foram utilizados os subtestes de Memória de trabalho visuoespacial e Go/no go:

- Memória de trabalho visuoespacial: um grupo de estímulos visuais é apresentado numa folha e em seguida o avaliador aponta uma sequência pré-estabelecida. A tarefa do participante é apontar os mesmos estímulos na ordem inversa.

- Go/no go: Esse subteste avalia subcomponentes das funções executivas como automonitoramento, inibição, iniciação e flexibilidade cognitiva. Uma gravação de áudio com 60 números aleatórios é apresentada à criança. Ela é orientada a falar “sim” para cada número que escutar, exceto para o número 8, quando deve permanecer em silêncio. O Go/no go é um paradigma que permite observar erros de omissão (quando o participante não responde quando se espera que o faça) e comissão (quando o paciente responde quando se espera que ele não responda).

*Tarefas de fluência verbal* (Jacobsen et al., 2016): Essa tarefa envolve diversos componentes executivos, como, inibição, monitoramento, flexibilidade, planejamento, iniciação e velocidade de processamento, além da memória léxico-semântica e as habilidades linguísticas. Utilizou-se as tarefas de fluência verbal livre, fonêmico-ortográfica e fluência verbal semântica. Na modalidade livre, a criança deve evocar o máximo de palavras em dois minutos e meio. A única restrição são os nomes próprios e números. Na modalidade fonêmico-ortográfica, a criança deve evocar palavras que começam com a letra “p”, em dois minutos; e na semântica, palavras que sejam roupas/vestimentas, em dois minutos. Todas as modalidades são subdivididas em blocos de 30 segundos. Realizam-se análises quantitativas (acertos e erros) e qualitativas (tipos de erros, estratégias de evocação das palavras).

*Tarefa Discurso Narrativo Oral Infantil – DNOI* (Prado et al., 2016): Este subteste caracteriza-se pelo relato de uma história apresentada oralmente ao participante e engloba três etapas: a) relato parcial da história, b) relato integral da mesma; c) avaliação da compreensão do texto, através de um título dado para a história e 11 questões de compreensão. Ao longo destas etapas, o examinador deve observar se o participante fez a inferência da moral da narrativa. É uma tarefa que avalia a compreensão da linguagem oral, além da memória episódico-semântica. Neste estudo, o número de informações essenciais captadas durante o relato parcial foi considerado uma medida de memória de trabalho.

*Teste Hayling Infantil* (Burgess & Shallice, 1997; Fonseca, Oliveira, Gindri, Zimmermann, & Rappold, 2010; adaptação para população infantil brasileira por Siqueira, Gonçalves, Scherer & Fonseca, 2016). O instrumento em questão avalia os componentes de inibição, iniciação e velocidade de processamento. O objetivo do teste é completar 20 frases, divididas em duas partes (A e B), com 10 sentenças em cada parte. Na parte A, a frase é completada com uma palavra que se encaixa as exigências geradas pelo contexto sintático-semântico mais rapidamente possível. Pontua-se o tempo de reação em segundos para as 10 frases aplicadas, o total de erros (erros/10). Na parte B, a criança deve completar a frase com uma palavra que seja incompatível com o sentido geral da frase, logo que possível. Nesta parte da tarefa pontua-se o tempo de reação em segundos para as 10 frases aplicadas, o total de erros (erros/10), e a soma dos valores referentes às classificações dos tipos de erros (erros/30). Calcula-se também o tempo de reação B menos tempo de reação A (Tempo B – Tempo A) e o tempo de reação da Parte B dividido pelo tempo de reação da Parte A (Parte B/Parte A). Esses escores possibilitam uma medida da habilidade de inibir respostas automáticas e de flexibilidade cognitiva.

*Teste de Cancelamento dos Sinos - versão 3* (versão adaptada para crianças dos originais de Gauthier, Dehaut, & Joannette, 1989 e Laurent-Vannier, Chevignard, Pradat-Diehl, Abada, & Agostini, 2006 e adaptado ao Português Brasileiro por Fonseca et. al, no prelo). Trata-se de um instrumento não-verbal, de lápis e papel, em que o examinando deve cancelar todos os alvos (sinos) dentre distratores. A tarefa do examinando é localizar livremente todos os sinos alvos evitando cancelar os estímulos distratores. A pontuação inclui uma interpretação quantitativa - escore total de omissões e erros (distratores cancelados) e tempo de realização da tarefa. O instrumento foi desenvolvido para avaliar os aspectos atencionais, no entanto, junto a isso, é possível examinar alguns componentes executivos, como, estratégia de busca pelos alvos, controle atencional (erros cometidos, cancelamento de não alvos) e velocidade de processamento (tempo de execução da tarefa).

*Subteste Dígitos da Escala Wechsler de Inteligência para Crianças 3ª versão – WISC III* (Figueiredo, 2002;): Examina componentes de atenção e memória de trabalho auditiva. É composto por séries de números para ordem direta e ordem inversa. Na ordem direta, o examinando precisa repetir os dígitos ditos pelo examinador na mesma ordem apresentadas. Já na ordem inversa, o examinando precisa repetir os dígitos de trás para frente, essa parte é administrada independentemente se o examinando fracassa totalmente na ordem direta. Neste estudo a Ordem Inversa do subteste Dígitos foi analisada como uma medida de memória de trabalho.

*Subteste Aritmética da Escala Wechsler de Inteligência para Crianças 4ª versão – WISC IV* (Rueda et al., 2013;): Examina componentes de atenção e memória de trabalho auditiva, através de problemas matemáticos simples.

Os componentes executivos predominantemente avaliados por cada um dos instrumentos de avaliação neuropsicológica são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Componentes executivos predominantemente avaliados nos instrumentos selecionados para este estudo

		Inibição	Iniciação/ velocidade de processa- mento	MT	Flex. Cogni- tiva
TFV	FVL				
	Palavras	X	X	X	
	Erros	X		X	
	Switches				X
	FVFO				
	Palavras	X	X	X	
	Erros	X		X	
	Switches				X
	FVS				
	Palavras	X	X	X	
Erros	X		X		
Switches				X	
WISC	Aritmética			X	
	Dígitos - OI			X	
TCS	Tempo		X		
	Erros	X			
DNO	Informações Essenciais			X	
	Go-nogo (erros)	X			
NEU PSILI N-Inf	Go-nogo (total)	X	X		
	MT visuoesp.			X	
THI	A Tempo		X		
	B Tempo		X		
	B Erros/10	X			
	B Erros/30	X			
	(TB -TA)				X

Nota. TFV=Tarefas de Fluência Verbal; FVL=Fluência verbal livre; FVFO=Fluência verbal fonêmico ortográfica;

FVS=Fluência verbal semântica; WISC= Escala Wechsler de Inteligência para crianças; Dígitos - OI = Dígitos Ordem Inversa; TCS= Teste de cancelamento dos sinos; DNO= Discurso narrativo oral; NEUPSILIN-Inf=Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Infantil; MT visuoesp.= Memória de trabalho visuoespacial; THI=Teste Hayling Infantil; (TB -TA)=Tempo B menos Tempo A.

Análise de dados

Análises descritivas foram conduzidas para obtenção de médias e desvios-padrão das variáveis de caracterização da amostra e do desempenho nas tarefas de avaliação da escrita, da leitura, da aritmética e de componentes de funções executivas.

Os dados foram submetidos a análises de correlações de Pearson para analisar as correlações entre as variáveis. Foram consideradas fracas as correlações entre zero e 0,39, moderadas entre 0,40 e 0,69 e fortes entre 0,70 e 1,00. Ademais, as análises de regressão (Método Stepwise) foram utilizadas para examinar se as medidas de escrita, leitura e aritmética são dependentes ou independentes das principais variáveis consideradas preditoras. Utilizou-se a versão 17.0 do software estatístico SPSS. Os resultados foram considerados significativos quando se observava nível de significância  $p \leq 0,05$

Resultados

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e desvios-padrão das variáveis de caracterização da amostra e do desempenho nas tarefas de avaliação da escrita, da leitura, da aritmética e de componentes de funções executivas.

Tabela 2. Médias e desvios-padrão das variáveis de caracterização da amostra e do desempenho nas tarefas de avaliação da escrita, da leitura, da aritmética e de componentes de funções executivas

Variáveis	Versão do TDE-II				
	A n=142		B n=83		
	M	DP	M	DP	
Características da amostra	Idade	8,33	1,27	12,06	1,46**
	Ano escolar	2,70	1,12	6,52	1,38**
	QI	103,21	12,70	103,66	14,21
	Conners	2,34	4,71	1,66	3,26
	ABEP	32,54	12,23	32,02	12,01
TDE-II	Escrita	27,29	9,53	16,84	9,04
	Leitura	32,43	7,76	29,41	3,50
	Aritmética	20,91	6,51	17,47	9,79
TFV	<b>FVL</b>				
	Palavras	39,80	18,01	50,71	20,65
	Erros	1,74	3,57	1,57	1,98
	Switches	4,50	3,74	7,16	4,93
	<b>FVFO</b>				
	Palavras	11,75	5,33	16,51	6,78
	Erros	1,30	2,80	0,75	1,19

FUNÇÕES EXECUTIVAS E APRENDIZAGEM ESCOLAR

	Switches	0,73	0,95	1,35	1,49
	<b>FVS</b>				
	Palavras	12,69	5,01	17,69	4,87
	Erros	3,32	3,74	3,28	3,23
	Switches	0,69	1,05	1,28	1,31
	Aritmética	19,14	3,96	23,22	3,12
WISC					
	Dígitos – OI	3,93	1,37	4,94	1,75
	Tempo	142,20	73,71	133,85	53,71
TCS					
	Erros	0,78	2,67	0,30	1,99
DNO					
	Informações Essenciais	11,90	4,12	13,72	3,56
	Go-nogo (erros)	2,48	2,10	1,14	1,54
NEUPSILIN-Inf	Go-nogo (total)	54,77	5,37	58,02	2,41
	MT visuoesp.	20,08	6,88	23,72	4,58
	A Tempo	20,13	14,04	16,78	19,98
THI	B Tempo	45,43	28,11	34,65	26,48
	B Erros/10	4,43	2,24	3,73	2,20
	B Erros/30	9,49	5,51	7,57	5,12
	(TB -TA)	24,90	26,63	17,45	26,70

Nota. TFV=Tarefas de Fluência Verbal; FVL=Fluência verbal livre; FVFO=Fluência verbal fonêmica ortográfica; FVS=Fluência verbal semântica; WISC= Escala Wechsler de Inteligência para crianças; Dígitos – OI = Dígitos Ordem Inversa;TCS= Teste de cancelamento dos sinos; DNO= Discurso narrativo oral; NEUPSILIN-Inf=Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Infantil; MT visuoesp.= Memória de trabalho visuoespacial; THI=Teste Hayling Infantil; (TB-TA)=Tempo B menos Tempo A.

As análises de correlação entre as variáveis analisadas neste estudo estão apresentadas na Tabela 3. Elas demonstram a associação positiva entre as habilidades envolvidas nas tarefas de fluência verbal e todas as competências acadêmicas. As medidas de memória de trabalho e de controle inibitório se relacionaram com magnitude forte ou moderada com as medidas de leitura, de escrita e de matemática. Por sua vez, as medidas de iniciação

verbal se correlacionaram com a habilidade de escrita e de aritmética em crianças do ensino fundamental 1 (versão A), enquanto a velocidade de processamento visuomotora esteve mais relacionada às mesmas habilidades em crianças do fundamental 2 (versão B). Quanto às medidas de flexibilidade cognitiva identificaram-se correlações de moderadas a fracas com as três aptidões escolares.

Tabela 3. Correlações entre as tarefas de escrita, leitura e aritmética e as medidas de FE

		Teste de Desempenho Escolar – TDE-II					
		Versão A			Versão B		
		Escrita N=121	Leitura N=121	Aritmética N=121	Escrita N=83	Leitura N=83	Aritmética N=49
	<b>FVL</b>						
	Palavras	0,42**	0,30**	0,46**	0,36**	0,32*	0,28*
	Erros	0,05	0,05	-0,06	0,11	0,00	-0,09
	Switches	0,36**	0,25*	0,49**	0,35**	0,27*	0,27*
	<b>FVFO</b>						
	Palavras	0,50**	0,44**	0,59**	0,40**	0,27*	0,37*
	Erros	-0,17*	-0,15	-0,21*	-0,24*	-0,12	-0,38**
	Switches	0,20*	0,15*	0,22*	0,30*	0,19*	0,30*
	<b>FVS</b>						
	Palavras	0,36**	0,28*	0,49**	0,34*	0,08	0,54**
	Erros	0,03	0,07	0,01	-0,03	-0,00	-0,15
	Switches	0,18*	0,13	0,24*	-0,02	-0,04	0,06*
	Aritmética	0,67**	0,47**	0,77**	0,39**	0,44**	0,54**
WISC	Dígitos - OI	0,34**	0,15	0,40**	0,37**	0,26*	0,53**
	Tempo	-0,07	-0,06	-0,10	-0,27*	-0,12	-0,24*
TCS	Erros	-0,19*	-0,25*	-0,13*	-0,19*	-0,17	-0,00
DNO	Informações			0,40**			

## FUNÇÕES EXECUTIVAS E APRENDIZAGEM ESCOLAR

	Essenciais	0,22*	0,14		0,34*	0,28*	0,22
NEUPSILIN-Inf	Go-nogo (erros)	-0,40**	-0,33**	-0,48**	-0,14	-0,05	-0,18
	Go-nogo (total)	0,41**	0,33**	0,53**	0,15	0,12	0,23
	MT visuosp.	0,38**	0,28*	0,45**	0,27*	0,41**	0,35*
THI	A Tempo	-0,16*	-0,05	-0,25*	-0,01	0,07	0,01
	B Tempo	-0,19*	-0,19*	-0,16*	-0,16	-0,32*	0,04
	B Erros/10	-0,11	0,04	-0,21*	-0,30*	-0,19*	-0,25*
	B Erros/30	-0,16*	0,02	-0,29**	-0,31*	-0,16	-0,31*
	(TB – TA)	-0,11	-0,17*	-0,05	-0,15	-0,37**	0,01

*Nota.* \* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,001$ ; TFV=Tarefas de Fluência Verbal; FVL=Fluência verbal livre; FVFO=Fluência verbal fonêmico ortográfica; FVS=Fluência verbal semântica; WISC= Escala Wechsler de Inteligência para crianças; Dígitos – OI = Dígitos Ordem Inversa; TCS= Teste de cancelamento dos sinos; DNO= Discurso narrativo oral; NEUPSILIN-Inf=Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Infantil; MT visuosp.= Memória de trabalho visuoespacial; THI=Teste Hayling Infantil; (TB-TA)=Tempo B menos Tempo A.

A partir destes resultados foram feitas análises de regressão para verificar quais são escores das tarefas especificadas na Tabela 1 são preditores do desempenho nas versões A e B dos Subtestes de Escrita, Leitura e Aritmética do TDE-II. Os resultados dos modelos escolhidos estão apresentados nas tabelas a seguir.

Para a Versão A do Subteste de Escrita do TDE-II o quinto modelo apresentou-se como melhor preditor, apresentando variância explicada de 54% ( $p < 0,001$ ). Já na versão B o modelo com maior poder explicativo foi o 7, com uma variância explicada de 44% ( $p < 0,001$ ), conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4. *Análise de regressão explorando componentes de FE como preditores da habilidade de escrita de palavras*

Escrita A MODELO V			Escrita B MODELO VII		
Passos e preditores	$\beta$	R <sup>2</sup> change	Passos e preditores	$\beta$	R <sup>2</sup> change
1. Aritmética - WISC	0,47	0,45**	1. FVOF - Palavras	0,40	0,16**
2. FVOF – Palavras	0,25	0,04*	2. Aritmética - WISC	0,24	0,11*
3. GoNoGo (Erros) NEUPSILIN-Inf	-0,15	0,03*	3. TCS (Tempo)	-0,18	0,06*
4. FVOF – Erros	-0,16	0,02*	4. FVS (Switches)	-0,23	0,03*
5. THI - A Tempo	-0,13	0,02*	5. TCS (Erros)	-0,21	0,04*
			6. FVOF – Erros	-0,22	0,03
			7. DNO - Informações Essenciais	0,22	0,04*

*Nota.* \* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,001$ ; FVFO=Fluência verbal fonêmico ortográfica; Fluência verbal semântica; Escala Wechsler de Inteligência para crianças TCS= Teste de cancelamento dos sinos; DNO= Discurso narrativo oral; NEUPSILIN-Inf=Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Infantil.

No subteste leitura do TDE-II (Versão A) o modelo seisapresentou um R<sup>2</sup> ajustado de 0,35 indicando uma variância explicativa de 35% na leitura de palavras ( $p < 0,001$ ).

Já na versão B o modelo três apresentou um R<sup>2</sup> ajustado de 0,31 com um poder explicativo de 30% ( $p = 0,01$ ) para a leitura de palavras isoladas, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5. *Análise de regressão explorando componentes de FE como preditores da habilidade de leitura de palavras*

Leitura A MODELO VI			Leitura B MODELO III		
Passos e preditores	$\beta$	R <sup>2</sup> change	Passos e preditores	B	R <sup>2</sup> change
1. Aritmética – WISC	0,28	0,22**	1. Aritmética – WISC	0,30	0,19**
2. FVFO-Palavras	0,30	0,06*	2. THI-(TB-TA)	-0,26	0,08*
3. FVFO- Erros	-0,13	0,03*			
4. THI B Erros/30	0,18	0,03*	3. MTvisuosp. NEUPSILIN-Inf	0,24	0,05*
5. GoNoGo(Erros) NEUPSILIN-Inf	-0,17	0,02*			
6. TCS (Erros)	-0,15	0,02*			

*Nota.* \* $p < 0,05$  \*\* $p < 0,001$ ; FVFO=Fluência verbal fonêmico ortográfica; Escala Wechsler de Inteligência para crianças; NEUPSILIN-Inf=Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Infantil; MT visuosp.= Memória de trabalho visuoespacial; THI=Teste Hayling Infantil.

As tarefas que compõem o modelo 6 explicaram 68% da variância explicativa do desempenho na versão A do subteste Aritmética (p=0,02). Da mesma maneira para a versão B as tarefas que compõe o modelo 4 foram os

melhores preditores do desempenho na aritmética apresentando a variância explicada de 49% (p=0,02), conforme apresenta a Tabela 6

Tabela 6. *Análise de regressão explorando componentes de FE como preditores da habilidade aritmética*

	Aritmética A MODELO VI		Aritmética B MODELO IV	
	$\beta$	R <sup>2</sup> change	$\beta$	R <sup>2</sup> change
1. Aritmética- WISC	0,57	0,60**	1.FVS- Palavras	0,42 0,30**
2.GoNoGo(Erros) NEUPSILIN-Inf	-0,16	0,03**	2.Aritmética- WISC	0,33 0,11*
3.FVS- Palavras	0,14	0,02*	3.FVS- Switches	-0,30 0,07*
4.THI A – Tempo	-0,11	0,01*	4.Dígitos-OI WISC	0,27 0,05*
5. FVL – Erros	-0,12	0,01*	-	
6. FVL - Switches	0,11	0,00*		

Nota. \*p<0,05 \*\*p<0,001; FVS=Fluência verbal semântica; WISC= Escala Wechsler de Inteligência para crianças; Dígitos – OI = Dígitos Ordem Inversa; NEUPSILIN-Inf=Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Infantil;THI=Teste Hayling Infantil; FVL=Fluência verbal livre.

**Discussão**

Este estudo procurou identificar se diferentes componentes de FE predizem e o quanto predizem habilidades básicas de leitura, escrita e matemática em crianças e adolescentes de 1º a 9º ano do Ensino Fundamental. Os resultados indicaram que a memória de trabalho fonológica é um preditor do desempenho de todos os domínios escolares avaliados independente do avanço do conteúdo e do aumento de complexidade nas tarefas. Da mesma forma, observou-se que o desenvolvimento linguístico expresso na habilidade de iniciação verbal (tarefas de fluência verbal) se mostrou um importante preditor do desempenho escolar de crianças tanto nos anos iniciais quanto nos últimos anos do ensino Fundamental, em concordância com outros estudos realizados (Clark, Pritchard, & Woodward, 2010).

Diferente do que se acreditava, o nível de predição do funcionamento executivo com as habilidades acadêmicas foi muito semelhante para crianças do ciclo I e do ciclo II do Ensino Fundamental. Provavelmente isto tenha ocorrido porque a medida de desempenho escolar utilizada neste estudo tem diferentes níveis de dificuldade dependendo no ano escolar que a criança está. Assim, é possível que os itens do TDE para crianças mais velhas recrutem menos habilidades acadêmicas já automatizadas do que aqueles das crianças mais jovens, mas, em vez disso, envolvem mais o raciocínio estratégico. Porém, além da mudança na complexidade das tarefas, sabe-se que o desenvolvimento de cada componente executivo não ocorre de maneira linear (Altemeier, Abbott, & Berninger, 2008; Best, Miller, & Naglieri, 2011; Hongwanishkul, Happaney, Lee, & Zelazo, 2005; Wolff, Roessner, & Beste, 2016). Esta também pode ser uma das causas de diferentes componentes terem sido preditores nas diferentes versões do TDE.

Mais especificamente em relação à escrita, observou-se o forte envolvimento da inibição, da fluência verbal e do

planejamento com a produção ortográfica e o desenvolvimento da escrita em alunos do ensino fundamental, assim como defendido por Altemeier, Abbott e Berninger (2006). O acesso rápido à informação fonológica/ortográfica armazenada no léxico (FVFO) e o componente fonológico da MT (Aritmética – WISC IV) foram os principais preditores. Contudo, o controle inibitório (Go/no go, erros na FVFO e no TCS), a flexibilidade cognitiva (switches na FVS) e a velocidade de processamento (tempo no Hayling e no TCS) desenvolvem um papel importante na escrita de palavras isoladas. Assim os resultados deste estudo confirmam os achados de outras pesquisas a respeito do papel preditor da MT e do controle inibitório na produção escrita (Capovilla & Capovilla, 2003; Kellogg, Turner, Whiteford, & Mertens, 2016).

Embora alguns estudos sugiram que outras variáveis podem ser tão importantes quanto às FE, nesse período de desenvolvimento (Hooper et. al, 2002), é importante ressaltar o papel do processamento executivo para além das habilidades fonológicas e morfológicas da linguagem oral já consolidada. Em um estudo com 241 crianças americanas do 1º ano e do 3º ano do Ensino Fundamental, o controle inibitório pareceu contribuir mais nos níveis inferiores da escrita, como a ortografia, do que em níveis superiores, como a composição escrita. Os mesmos achados foram encontrados em estudantes com dislexia podendo refletir o papel das FE na coordenação de códigos ortográficos e fonológicos em níveis menos complexos de escrita (Altemeier, Abbott, Berninger, 2008).

A velocidade de processamento também se mostrou preditora da habilidade de escrita para crianças mais jovens e mais velhas (velocidade tanto para iniciar uma tarefa quanto para se manter realizando-a com persistência). Estudos experimentais mostram que uma maior eficiência nos processos de escrita, principalmente em relação a fluência de operações, resulta em um melhor gerenciamento de recursos

de MT e, conseqüentemente, um melhor desempenho de escrita (McCutchen, 1996; Olive, 2004).

Na versão A do subteste leitura os principais componentes associados ao desempenho leitor de palavras são aqueles subjacentes à fluência verbal ortográfica (acesso lexical), a memória de trabalho fonológica (Aritmética – WISC IV, o controle inibitório (Erros na FVFO e no THI B) e a atenção executiva (Erros no Go-nogo e o TCS). Baddeley (1992) já defendia a importância das habilidades fonarticulatórias para a leitura quando destacou o componente de seu modelo responsável por manter temporariamente uma informação verbal na memória de curto prazo (alça fonarticulatória). Assim, interpreta-se que quanto mais desenvolvida a automatização do acesso lexical fonológico/ortográfico e a capacidade de manipular mentalmente os componentes de uma palavra (como grafemas, fonemas, inconsistências, etc) maior facilidade para acessar seu significado e então criar um padrão desta palavra, que facilitará o acesso a ela posteriormente.

Da mesma forma, em relação ao controle inibitório, os estudos têm demonstrado o poder preditivo dele em relação à aprendizagem da leitura em crianças pré-escolares (McClelland, Cameron, Connor, Farris, Jewkes, & Morrison, 2007; Ponitz, McClelland, Matthews, & Morrison, 2009). Ou seja, o controle inibitório pode auxiliar na inibição de respostas prepotentes a estímulos distratores enquanto a criança lê um texto complexo ou enquanto discrimina letras e sons (Baird & Razza, 2007). No caso da leitura de palavras, crianças em níveis primários do Ensino Fundamental ainda não podem ler automaticamente por estarem utilizando a rota fonológica de leitura. Este processamento aumenta a demanda do controle inibitório, pois se o leitor tentar ler de forma automática pode cometer erros, uma vez que ainda não tem a representação mental das palavras. Da mesma forma, em relação à atenção executiva, a criança precisa controlar ativamente seus processos atencionais durante a leitura, porque uma vez que se distraia provavelmente necessitará ler toda a palavra novamente (por não tê-la armazenado na memória em função do não acesso ao significado).

Já na versão B do subteste leitura, o controle inibitório deixa de influenciar e a memória de trabalho visuoespacial e a flexibilidade cognitiva (TB-TA no THI) passam a exercer um papel preditivo na decodificação de palavras. A lista de palavras que compõe esta versão do subteste leitura é composta por palavras regulares e irregulares, familiares e não familiares. Este tipo de tarefa exige que o leitor analise e identifique as palavras que deverão ou não ser lidas pela rota fonológica. Assim, a escolha por uma estratégia ou outra de leitura envolve flexibilidade cognitiva. Uma vez que raramente os leitores dos anos finais do Ensino Fundamental utilizam a rota fonológica, é provável que a maioria das palavras do TDE-II tenha demandado muito mais da MT visuoespacial para possibilitar o acesso automático a palavras cuja representação visual já está consolidada. Tal achado diverge do estudo de Sesma, Mahone, Levine, Eason e Cutting (2009), em que não encontraram poder preditivo da memória de trabalho sobre a leitura de palavras. No entanto, defendemos que o acesso ao significado das palavras a partir da leitura só ocorre quando o

leitor é capaz de integrar diferentes sílabas e então tornar este grupo de informações (as sílabas) em uma única representação, que é a palavra. Por outro lado, o estudo de Christopher, Miyake, Keenan, Pennington, DeFries, Wadsworth et al. (2012) demonstra que a memória de trabalho é tão importante para a leitura de palavras quanto para a compreensão leitora.

Em relação às habilidades aritméticas, observou-se que o desenvolvimento linguístico expresso na habilidade de iniciação verbal automática mostrou-se um importante preditor do desempenho de crianças no início do Ensino Fundamental (fluência verbal). Um estudo realizado com crianças pré-escolares identificou a proficiência linguística, a velocidade de processamento e o controle executivo como os principais preditores do desenvolvimento matemático (Clark, Pritchard, & Woodward, 2010). Hipotetiza-se assim que o incremento na capacidade de iniciação verbal pode melhorar a capacidade de crianças no início do Ensino Fundamental, pois possibilita recuperar ou ativar rapidamente representações verbais, arábicas e de quantidades, essenciais para a matemática.

As demandas executivas variam com a idade e a demanda dos conteúdos matemáticos (Viapiana, Giacomoni, Stein, & Fonseca, 2016). No entanto, os resultados deste estudo indicaram que a memória de trabalho fonológica (Aritmética WISC-IV) é um preditor do desempenho em aritmética independente da idade ou do avanço do conteúdo aritmético. Tal resultado parece associado com a possibilidade do componente fonológico possibilitar a conexão da noção quantitativa à palavras e símbolos (Clark et al., 2010; Purpura & Ganley, 2014; Purpura, Schmitt, & Ganley, 2017). Posteriormente essa mesma habilidade é necessária para automatização de fatos aritméticos, habilidades procedurais e de compreensão conceitual da matemática (Cragg, Keeble, Richardson, Roome, & Gilmore, 2017) e para a transcodificação numérica (habilidade de acessar e codificar os números em seus diferentes formatos: verbal, árabe e sua representação de quantidade) (Silva, Moura, Wood, & Haase, 2015). Cabe ressaltar que, embora as tarefas de medida de memória de trabalho utilizadas neste estudo demandem predominantemente do componente fonológico, entende-se que os demais componentes estão associados ao desempenho em matemática por meio do buffer episódico que possibilita o acesso à informação visuoespacial dos números em ordem facilitando o acesso a representação numérica verbal (Simmons, Willis, & Adams, 2012).

Os resultados mostram ainda que o controle inibitório prediz o desempenho em aritmética de crianças de 1º a 5º ano do Ensino Fundamental, enquanto a flexibilidade cognitiva prediz o desempenho de estudantes mais velhos, de 6º a 9º ano do Ensino Fundamental. O papel do controle inibitório no início do processo de aprendizagem parece estar relacionado à escolha do fato aritmético a ser utilizado nos diferentes cálculos matemáticos (Megías & Macizo, 2016). Já a flexibilidade cognitiva pôde explicar o desempenho de estudantes mais velhos em cálculos mais complexos, que exigem alternância de procedimentos e regras matemáticas ou, ainda, de estratégias de solução dos desafios matemáticos (Bull & Lee, 2014).

É interessante observar que, no presente estudo, ao longo do processo de aprendizagem o valor preditivo das habilidades executivas diminuíram, mas que acesso lexical semântico se mantiveram preditores de ambas as versões. Enquanto a iniciação verbal foi mais significativa para estudantes do início do Ensino Fundamental, o desempenho dos estudantes dos anos finais foi mais influenciado pela memória semântica e procedural específica para matemática, ou seja, dependem da exposição à aprendizagem e recordação ampla dos procedimentos de cálculos (Cragg, & Gilmore, 2014; Viapiana et al., 2016).

Nossos achados fornecem mais suporte a outros estudos que ressaltam a relação interdependente entre memória de trabalho fonológica, controle inibitório e habilidades de leitura, escrita e aritmética. Além disso, acrescenta à literatura a importância da flexibilidade cognitiva do processamento dos três domínios acadêmicos principalmente para crianças mais velhas. Provavelmente déficits nestes processos ao longo da aprendizagem escolar estarão associados a dificuldades de aprendizagem.

Este estudo contribui para a literatura existente ao fornecer dados a respeito do envolvimento do processamento executivo com a habilidade de escrita, relação ainda insuficientemente explorada e aprofundada. Mais especificamente, identificou-se a importância da memória de trabalho fonológica, da inibição, da flexibilidade cognitiva e da velocidade de processamento na escrita de palavras.

Nossos resultados reforçam a importância de considerar o processamento executivo na aprendizagem de processos básicos de leitura, escrita e aritmética para além das habilidades fonológicas e de processamento numérico. Em ordem decrescente de impacto das FE na aprendizagem, destacam-se: matemática, escrita e leitura, salientando-se o nível de palavra, não de sentenças, nem de textos. O mais relevante ainda é se refletir sobre a implicação destes achados para a avaliação clínica e escolar de crianças em desenvolvimento típico. A partir de resultados quantitativos e qualitativos, intervenções precoce-preventivas de FE podem ser inseridas na rotina escolar em prol da potencialização do desenvolvimento de leitura, escrita e matemática, principalmente nos primeiros anos escolares. Adicionalmente, as relações entre FE e dimensões da aprendizagem aqui identificadas podem embasar estudos futuros com crianças com dificuldades e transtornos específicos de aprendizagem.

### Referências

- Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. (2013). *Critério Brasil 2015*. Recuperado de <http://www.abep.org/download>
- Alloway, T. P. (2006). How does working memory work in the classroom?. *Educational Research and reviews*, 1(4), 134.
- Altemeier, L., Jones, J., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2006). Executive functions in becoming writing readers and reading writers: Note taking and report writing in third and fifth graders. *Developmental neuropsychology*, 29(1), 161-173.
- Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 30(5), 588-606.
- Arán-Filippetti, V., & López, M. B. (2016). Predictores de la Comprensión Lectora en Niños y Adolescentes: El papel de la Edad, el Sexo y las Funciones Ejecutivas. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 10(1), 23-44.
- Athayde, M. D. L., Giacomoni, C. H., Mendonça, E. J. D., Fonseca, R. P., & Stein, L. M. (2016). Desenvolvimento do subteste de escrita do Teste de Desempenho Escolar II. *Avaliação Psicológica*, 15(3), 371-382.
- Barbosa, G. A. (1995). Transtornos hipercinéticos. *Infanto*, 3, 12-19.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663.
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences*, 21(4), 327-336.
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41.
- Burgess, P. W., & Shallice, T. (1997). The hayling and brixton tests.
- Capovilla, A. G. S., Gutschow, C. R. D., & Capovilla, F. C. (2004). Habilidades cognitivas que predizem competência de leitura e escrita. *Psicologia: teoria e prática*, 6(2), 13-26.
- Cardoso, C. D. O., Dias, N. M., Seabra, A. G., & Fonseca, R. P. (2017). Program of neuropsychological stimulation of cognition in students: Emphasis on executive functions-development and evidence of content validity. *Dementia & Neuropsychologia*, 11(1), 88-99.
- Christopher, M. E., Miyake, A., Keenan, J. M., Pennington, B., DeFries, J. C., Wadsworth, S. J., . . . Olson, R. K. (2012). Predicting word reading and comprehension with executive function and speed measures across development: A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), 470-488. <http://dx.doi.org/10.1037/a0027375>
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176-1191. <http://doi.org/10.1037/a0019672>
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(2), 63-68.

- Cutting, L. E., Materek, A., Cole, C. A., Levine, T. M., & Mahone, E. M. (2009). Effects of fluency, oral language, and executive function on reading comprehension performance. *Annals of dyslexia*, 59(1), 34-54.
- Deaño, M. D., Alfonso, S., & Das, J. P. (2015). Program of arithmetic improvement by means of cognitive enhancement: An intervention in children with special educational needs. *Research in developmental disabilities*, 38, 352-361.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Figueiredo, V. L. M. (2002). *Escala Wechsler de Inteligência para Crianças – WISC-III*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Fonseca, R., Jacobsen, G., & Pureza, J. (2015). O que um bom teste neuropsicológico deve ter? In: Salles J., Haase, V., & Malloy-Diniz, L. (orgs.). *Neuropsicologia do desenvolvimento: infância e adolescência [Developmental Neuropsychology: Childhood and adolescence]*. Porto Alegre: Artmed, 53-64.
- Fonseca, R. P., Oliveira, C., Gindri, G., Zimmermann, N., Reppold, C., & Parente, M. A. M. P. (2010). Teste Hayling: um instrumento de avaliação de componentes das funções executivas. *Avaliação psicológica e neuropsicológica de crianças e adolescentes*, 337-364.
- Fonseca R.P., Parente M.A.M., Ortiz K. Z, Soares E.C.S., Scherer L.C., Gauthier L, et al. Teste de Cancelamento dos Sinos. São Paulo: Vetor. (in press).
- Foy, J. G., & Mann, V. A. (2013). Executive function and early reading skills. *Reading and Writing*, 26(3), 453-472.
- Gauthier L, Dehaut F, Joanne Y. A quantitative and qualitative test for visual neglect. *Int J Clin Neuropsychol*. 1989;11(2):49-54.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental psychology*, 47(6), 1539.
- Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S., & Zelazo, P. D. (2005). Assessment of hot and cool executive function in young children: Age-related changes and individual differences. *Developmental neuropsychology*, 28(2), 617-644.
- Hooper, S. R., Swartz, C. W., Wakely, M. B., De Kruijff, R. E., & Montgomery, J. W. (2002). Executive functions in elementary school children with and without problems in written expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35(1), 57-68.
- Jacob, R., & Parkinson, J. (2015). The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement: A review. *Review of Educational Research*, 85(4), 512-552.
- Jacobsen, G. M., Prando, M. L., Moraes, A. L., Pureza, J. D. R., Gonçalves, H. A., Siqueira, L. D. S., ... & Fonseca, R. P. (2017). Effects of age and school type on unconstrained, phonemic, and semantic verbal fluency in children. *Applied Neuropsychology: Child*, 6(1), 41-54.
- Jacobsen, G. ; Prando, M. L. ; Pureza, J. ; Gonçalves, H. A. ; Siqueira, L. ; Moraes, A. L. ; Fonseca, R. P. . Tarefas de fluência verbal livre, fonêmica e semântica para crianças. In: Rochele Paz Fonseca; Mirella Liberatore Prando; Nicolle Zimmermann. (Org.). Avaliação de linguagem e funções executivas em crianças. 1ed.São Paulo: Memnon, 2016, v. 1, p. 26-45.
- Jacobson, L. A., Williford, A. P., & Pianta, R. C. (2011). The role of executive function in children's competent adjustment to middle school. *Child Neuropsychology*, 17(3), 255-280.
- Keenan, J. M., Hua, A. N., Meenan, C. E., Pennington, B. F., Willcutt, E., & Olson, R. K. (2014). Issues in identifying poor comprehenders. *L'annee psychologique*, 114(4), 753.
- Kellogg, R. T., Turner, C. E., Whiteford, A. P., & Mertens, A. (2016). The Role of Working Memory in Planning and Generating Written Sentences. *Journal of Writing Research*, 7(3).
- Korzeniowski, C., Ison, M. S., & Difabio, H. (2017). Group cognitive intervention targeted to the strengthening of executive functions in children at social risk. *International Journal of Psychological Research*, 10(2), 34-45.
- Lan, X., Legare, C. H., Ponitz, C. C., Li, S., & Morrison, F. J. (2011). Investigating the links between the subcomponents of executive function and academic achievement: A cross-cultural analysis of Chinese and American preschoolers. *Journal of experimental child psychology*, 108(3), 677-692.
- Laurent-Vannier, A., Chevignard, M., Pradat-Diehl, P., Abada, G., & De Agostini, M. (2006). Assessment of unilateral spatial neglect in children using the Teddy Bear Cancellation Test. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(2), 120-125.
- Lee, K., Ng, E. L., & Ng, S. F. (2009). The contributions of working memory and executive functioning to problem representation and solution generation in algebraic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 101(2), 373.
- McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental psychology*, 43(4), 947.
- Megías, P., & Macizo, P. (2016). Simple arithmetic: electrophysiological evidence of coactivation and selection of arithmetic facts. *Experimental Brain Research*, 234(11), 3305-3319. <http://doi.org/10.1007/s00221-016-4728-z>
- Monette, S., Bigras, M., & Guay, M. C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of experimental child psychology*, 109(2), 158-173.

- Olive, T. (2004). Working memory in writing: Empirical evidence from the dual-task technique. *European Psychologist*, 9(1), 32-42.
- Pagliarin, K. C., Pereira, N., Gonçalves, H. A., Fonseca, R. P. (2016). Linguagem, atenção, memórias e funções executivas: interfaces a luz da neuropsicologia e implicações para a prática clínica. In: Dionísia Aparecida Cusin Lamônica; Denise Brandão de Oliveira e Brito. (Org.). Tratado de linguagem: perspectivas contemporâneas. 1ed. Ribeirão Preto: BookToy, p. 137-152.
- Ponitz, C. C., McClelland, M. M., Matthews, J. S., & Morrison, F. J. (2009). A structured observation of behavioral self-regulation and its contribution to kindergarten outcomes. *Developmental psychology*, 45(3), 605.
- Prando, M. L. ; Gonçalves, H. A. ; Pureza, J. ; Jacobsen, G. ; Miranda, M. C. ; Fonseca, R. P. . Perfil neuropsicológico de um caso de TDAH no NEUPSILIN-Inf. In: Jerusa Salles; Rochele Paz Fonseca; Monica Miranda; Claudia Berlim de Mello; Orlando Bueno. (Org.). Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve NEUPSILIN - versão para crianças - NEUPSILIN - Inf. 1ed. São Paulo: Vetor Editora, 2016, v. 1, p. 53.
- Purpura, D. J., & Ganley, C. M. (2014). Working memory and language: Skill-specific or domain-general relations to mathematics? *Journal of Experimental Child Psychology*, 122(1), 104-121. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.12.009>
- Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2017). Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology*, 153, 15-34. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.08.010>
- Roebbers, C. M., Cimeli, P., Röthlisberger, M., & Neuenschwander, R. (2012). Executive functioning, metacognition, and self-perceived competence in elementary school children: An explorative study on their interrelations and their role for school achievement. *Metacognition and Learning*, 7(3), 151-173.
- Ponitz, C. C., McClelland, M. M., Matthews, J. S., & Morrison, F. J. (2009). A structured observation of behavioral self-regulation and its contribution to kindergarten outcomes. *Developmental psychology*, 45(3), 605.
- Pureza, J. R., & Fonseca, R. P. (2017). Development and content validity of the CENA Program for Educational Training on the Neuropsychology of Learning, with an emphasis on executive functions and attention. *Dementia & Neuropsychologia*, 11(1), 79-87.
- Rueda, F. J. M., Noronha, A. P. P., Sisto, F. F., Santos, A. A. A., & Castro, N. R. (2013). *Escala Wechsler de Inteligência para Crianças – WISC-IV*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Salles, J. F. D., Fonseca, R. P., Cruz-Rodrigues, C., Mello, C. B., Barbosa, T., & Miranda, M. C. (2011). Desenvolvimento do instrumento de avaliação neuropsicológica breve infantil NEUPSILIN-INF. *Psico-USF*.
- Salles, J.F., Fonseca, R.P., Parente, M.A.M.P, Cruz-Rodrigues, C., Mello, C.B., Barbosa, T., & Miranda, M.C. (2016). *Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve – NEUPSILIN-Inf*. Vetor Editora: São Paulo.
- Sesma, H. W., Mahone, E. M., Levine, T., Eason, S. H., & Cutting, L. E. (2009). The contribution of executive skills to reading comprehension. *Child Neuropsychology*, 15(3), 232-246.
- Silva, J. B. L., Moura, R. J., Wood, G., & Haase, V. G. (2015). Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. *Temas Em Psicologia*, 23(1), 157-173. <http://doi.org/10.9788/TP2015.1-11>
- Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. M. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(2), 139-155. [doi.org/10.1016/j.jecp.2011.08.011](http://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.08.011)
- Siqueira, L. D. S., Gonçalves, H. A., Hübner, L. C., & Fonseca, R. P. (2016). Development of the Brazilian version of the Child Hayling Test. *Trends in psychiatry and psychotherapy*, 38(3), 164-174.
- St. Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2009). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 745-759.
- Stein, L. M.; Giacomoni, C.; & Fonseca, R. P. (Em preparação). *Teste de Desempenho Escolar – Segunda Edição (TDE-II)*.
- Trentini, C. M., Yates, D. B., & Heck, V. S. (2014). Escala de Inteligência Wechsler Abreviada (WASI): Manual profissional. São Paulo, SP: Casa do Psicólogo.
- Wolff, N., Roessner, V., & Beste, C. (2016). Behavioral and neurophysiological evidence for increased cognitive flexibility in late childhood. *Scientific reports*, 6.
- Viapiana, V. F., Giacomoni, C. H., Stein, L. M., & Fonseca, R. P. (2016). Evidências de Validade do Subteste Aritmética do TDE-II: da Psicometria moderna à Neuropsicologia Cognitiva. *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, 8(2), 16-26. <http://doi.org/10.5579/rnl.2016.0306>