

ARTIGO

ASSOCIAÇÕES ENTRE DESEMPENHO NEUROPSICOLÓGICO E DESEMPENHO ARITMÉTICO: UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL

CAMILA OLIVEIRA GÖRGEN¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3559-7535>
camilagorgen@gmail.com

CAMILA SCHORR MINÁ¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1025-6395>
csm.psico@gmail.com

LUCIANA VELLINHO CORSO¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-3994>
<luciana.corso@ufrgs.br>

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS, Brasil.

RESUMO: Este artigo teve como objetivo principal examinar as funções cognitivas associadas às dificuldades em aritmética, focando com foco em: a) analisar a relação entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho em aritmética da amostra total de cada ano escolar; e b) investigar o desempenho dos alunos nas funções neuropsicológicas, divididos de acordo com o desempenho em aritmética, para cada ano escolar. Participaram do estudo 167 alunos do 4.º e do 6.º anos do Ensino Fundamental, com idades entre 9 e 12 anos. As principais análises realizadas envolveram os escores do Subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE) e da bateria de avaliação neuropsicológica NEUPSILIN-Inf. Foram feitas correlações de Pearson entre a amostra total de cada ano escolar e o Teste t para averiguar diferenças entre os grupos, de cada ano escolar, formados com base no desempenho do TDE. Os resultados sugerem que, quanto melhor o desempenho aritmético no TDE, mais altos os escores em memória, cálculos e fluência verbal no NEUPSILIN-Inf. Os alunos do grupo com dificuldades aritméticas apresentaram escores inferiores nos testes que avaliaram, especialmente, funções executivas e memória. Sugere-se um investimento em práticas educacionais que estimulem o desenvolvimento de tais funções cognitivas com o intuito de prevenir as dificuldades aritméticas.

Palavras-chave: desempenho neuropsicológico, desempenho aritmético, funções executivas.

ASSOCIATIONS BETWEEN NEUROPSYCHOLOGICAL PERFORMANCE AND ARITHMETIC PERFORMANCE: A STUDY WITH ELEMENTARY STUDENTS

ABSTRACT: This article aimed at examining the cognitive functions associated with difficulties in arithmetic, with a special focus on a) analyzing the relationship between neuropsychological performance and arithmetic performance in the total sample of each school year; and b) investigating students' performance in neuropsychological functions, divided according to their performance in arithmetic, for each school year. The participants of this study were 167 students from the 4th and 6th grades of elementary school between the ages of 9 and 12. For the analysis, the main tools used were the scores of the Arithmetic Subtest of the School Performance Test (TDE) and the neuropsychological assessment battery NEUPSILIN-Inf. Pearson correlations were made between the total sample of each school year and the t test, in order to find differences between the groups of each school year, formed according to the performance of the TDE. The results suggest that the better the arithmetic performance in the TDE, the higher the scores in memory, calculations and verbal fluency on NEUPSILIN-Inf. Students in the group with arithmetic difficulties had lower scores on the tests, which specially evaluated executive functions and memory. Investments should be made in the future for educational practices that encourage the development of such cognitive functions, in order to prevent arithmetic difficulties.

Keywords: neuropsychological performance, arithmetic performance, executive functions.

ASOCIACIONES ENTRE RENDIMIENTO NEUROPSICOLÓGICO Y RENDIMIENTO ARITMÉTICO: UN ESTUDIO CON ESTUDIANTES DE LA ESCUELA PRIMARIA

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo examinar las funciones cognitivas asociadas a las dificultades en aritmética, centrándose en: a) analizar la relación entre rendimiento neuropsicológico y rendimiento aritmético en la muestra total de cada año escolar; y b) investigar el rendimiento de los estudiantes en funciones neuropsicológicas, divididos según su desempeño en aritmética, para cada año escolar. Participaron del estudio 167 alumnos del 4.º y 6.º año de la escuela primaria, con edades comprendidas entre los 9 y los 12 años. Los principales análisis realizados consistieron en las puntuaciones de la subprueba de aritmética del Examen de Rendimiento Escolar (TDE) y la batería de evaluación neuropsicológica NEUPSILIN-Inf. Se realizaron correlaciones de Pearson entre la muestra total de cada año escolar y la prueba t para encontrar diferencias entre los grupos, de cada año escolar, formados según el rendimiento del TDE. Los resultados sugieren que mientras mejor sea el rendimiento aritmético en el TDE, mayores serán las puntuaciones en memoria, cálculos y fluidez verbal en NEUPSILIN-Inf. Los estudiantes del grupo con dificultades aritméticas obtuvieron puntuaciones más bajas en las pruebas que evaluaron especialmente las funciones ejecutivas y la memoria. Se sugiere una inversión en prácticas educativas que fomenten el desarrollo de dichas funciones cognitivas, con el fin de prevenir dificultades aritméticas.

Palabras clave: rendimiento neuropsicológico, rendimiento aritmético, funciones ejecutivas.

INTRODUÇÃO

A matemática é uma área complexa de aprendizagem que depende de diversos fatores externos e internos ao sujeito para que seu desempenho seja bem-sucedido. Entre os aspectos externos estão as questões familiares e sociais, bem como as práticas escolares, que devem priorizar um ensino hierárquico das habilidades de domínio específico (CORSO; ASSIS, 2017). Entre as questões internas está o funcionamento biológico do próprio indivíduo. Neste artigo, é investigada uma dessas possibilidades internas, o funcionamento neuropsicológico (que tem por base o funcionamento cognitivo do indivíduo) e sua relação com o desempenho aritmético (que possibilita acompanhar a evolução da aprendizagem aritmética)

Vê-se assim que lidar com a matemática oferece desafios, em maior ou menor grau, para todos os aprendizes. No entanto, para uma parcela grande de alunos, a matemática causa muitas dificuldades e compromete o rendimento escolar, de modo que defasagens nessa área contribuem para os alarmantes índices de fracasso escolar enfrentados pelo sistema educacional brasileiro (BRASIL, 2018). Naturalmente, o impacto de tal situação traz consequências adversas para o aluno e para toda a sociedade (PICCOLO *et al.*, 2016). Estudos que associam contribuições da neuropsicologia e da educação, com foco na estimulação de habilidades cognitivas (CRAGG; GILMORE, 2014; CRAGG *et al.*, 2017), evidenciam ganhos nos processos de aprendizagem da matemática e, desse modo, têm se mostrado promissores no enfrentamento de tal cenário (DIAMOND, 2013).

A propensão para o raciocínio matemático nos seres humanos pode ser identificada desde bebês, quando já são capazes de distinguir pequenas quantidades (DEHAENE, 1997; GEARY, 1995; STARKEY; COOPER, 1980). Trata-se de uma capacidade inata relativa às competências numéricas (ligadas à conhecimento de número, relações numéricas e operações numéricas), originada de um aparato biológico, que possibilita ao sujeito prestar atenção à numerosidade (DEHAENE, 2001). Ademais, as experiências sociais exercem um papel fundamental na construção do conhecimento numérico (SPINILLO, 2014; SILVA *et al.*, 2015). No âmbito cerebral, estudos de neuroimagem revelam áreas do cérebro predispostas a desenvolverem habilidades matemáticas para fazer comparações, estimativas e cálculos mentais (BASTOS, 2016), o que indica não existir um centro específico para lidar com os números, mas sim diferentes regiões cerebrais envolvidas com essa função (CONSENZA; GUERRA, 2011). Portanto, a evolução da aprendizagem matemática é influenciada pelo desenvolvimento cerebral e pelas interações com o ambiente (DIAMOND, 2013).

DESEMPENHO ARITMÉTICO E FUNÇÕES NEUROPSICOLÓGICAS

A matemática é uma ciência que abrange variados domínios como a geometria, a estimativa, os sistemas de medida, a interpretação de gráficos e tabelas, entre outros (DOWKER, 2005). A aritmética é um desses domínios matemáticos que se dedica a estudar os números e as possíveis operações entre eles. Ela não é uma habilidade unitária, mas pode ser dividida em diferentes processos e cada um deles possui inúmeros subcomponentes: a) fatos aritméticos básicos, que correspondem aos diversos tipos de operações e cálculos matemáticos; b) habilidades procedurais, que compreendem os procedimentos aplicáveis a cada operação; c) compreensão conceitual, que envolve o entendimento de problemas matemáticos, bem como os princípios e as relações entre os conceitos da matemática (DOWKER, 2005).

Um desempenho matemático eficiente depende de várias habilidades subjacentes, e, quando algumas competências anteriores não estão bem desenvolvidas, como princípios de contagem, noções de grandeza e outros aspectos do senso numérico, as habilidades aritméticas são

prejudicadas (CORSO; DORNELES, 2015; SILVA *et al.*, 2015; GOLBERT; SALLES, 2010). O domínio matemático, conforme o modelo de Geary (2004), é composto por competências básicas conceituais e procedurais que, se não estiverem constituídas adequadamente, acarretarão, potencialmente, um desempenho escolar ineficiente, ou seja, abaixo dos níveis mínimos esperados para cada ano escolar. O autor sugere que a influência das funções executivas no desempenho matemático seja medida em competências de domínio específico.

Cragg *et al.* (2017) concluíram, a partir de pesquisa realizada por eles com sujeitos de 8 a 25 anos de idade, que as habilidades de funções executivas, em especial a memória de trabalho (MT), suportam processos de domínio específico da matemática, os quais, por sua vez, sustentam o desempenho geral da matemática. É possível observar pela Figura 1 a importância de conhecer o perfil neuropsicológico do aluno, uma vez que essas funções exercem uma interferência direta em seu desempenho aritmético.

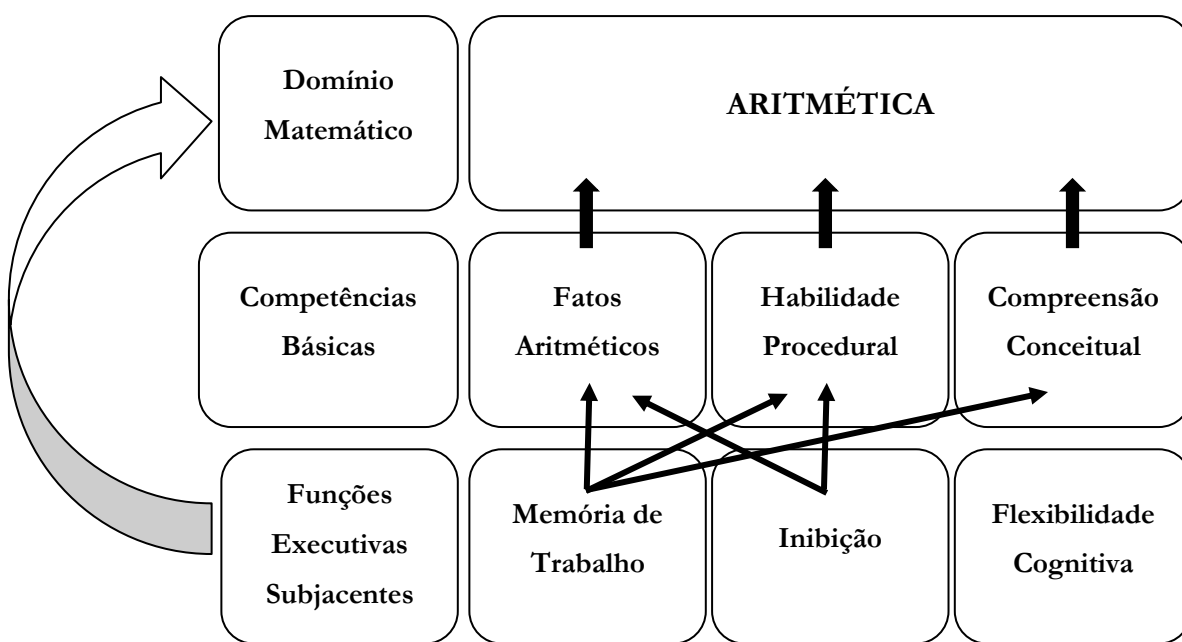


Figura 1 – Influências diretas e indiretas do funcionamento executivo no desempenho matemático.
Fonte: Cragg *et al.*, 2017

A neuropsicologia é uma área interdisciplinar (BOLLER, 1999), pertencente à neurociência, que procura compreender as relações entre o cérebro e o comportamento (HAASE, 2016), mais especificamente entre o cérebro e as funções cognitivas (LURIA, 1981). O modelo cognitivo, estudado pela neuropsicologia cognitiva e que suporta teoricamente esse trabalho, visa entender “como as pessoas percebem, aprendem, recordam e pensam sobre a informação” (STERNBERG, 2008, p. 22). Entre as funções neuropsicológicas avaliadas nesse estudo estão: orientação, atenção, percepção, habilidades aritméticas, linguagem, habilidades visuoespaciais, memória e funções executivas (FONSECA; SALLES; PARENTE, 2009; SALLES *et al.*, 2016).

A literatura aponta que uma das funções neuropsicológicas mais envolvidas com os processos aritméticos é a memória de trabalho (ou memória operacional). Ela refere-se à capacidade de armazenar e manipular informações, temporariamente, para executar tarefas cognitivas complexas (BADDELEY; HITCH, 1974). De forma teórica, ela é dividida em seus componentes executivo central, fonológico e visuoespacial (CHEN *et al.*, 2017; CORSO, 2018; CORSO; DORNELES, 2015; HAASE *et al.*, 2012; TOLL *et al.*, 2011). Os últimos dois componentes citados (fonológico e visuoespacial) são fundamentais para o bom desempenho na aritmética (BULL; LEE, 2014; DORNELES; HAASE, 2018; GEARY, 2011; GONÇALVES *et al.*,

2017; HAASE *et al.*, 2012; PENG *et al.*, 2012). Tais componentes são recrutados a todo instante durante a execução de um cálculo matemático. É preciso que o sujeito saiba organizar-se espacialmente para efetuar com sucesso os transportes durante os procedimentos aritméticos e fazer o enquadramento correto de vírgulas, unidades, dezenas e centenas. Já a memória fonológica é utilizada quando uma informação deve ser “segurada”, vocal ou subvocalmente, até ser escrita para a realização de cálculos mentais e também para os processos simples, como a contagem.

Peng *et al.* (2012) verificaram que alunos chineses, do 5.º ano do Ensino Fundamental, com dificuldades matemáticas apresentaram déficit apenas na tarefa de *span* numérico, que avaliava o componente fonológico, com desempenho adequado no *span* de palavras. No estudo com 302 alunos brasileiros, do 1.º ao 9.º ano do Ensino Fundamental (GONÇALVES *et al.*, 2017), a memória fonológica foi um preditor de desempenho aritmético, independentemente da faixa etária e do conteúdo matemático que as crianças estavam aprendendo. O achado corrobora os estudos de Viapiana *et al.* (2016) que investigaram a validade do subteste de aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE-II) com 111 alunos das mesmas etapas de ensino da pesquisa anterior. A memória de trabalho fonológica mostrou-se relevante para a automatização de fatos básicos, compreensão de conceitos, procedimentos e transcodificação numérica.

Sobre o funcionamento executivo, a inibição, a atualização (*updating*) e a alternância (*switching/shifting*) são sinalizadas como funções de base para o bom desempenho matemático (BULL; LEE, 2014; BULL; SCERIF, 2001; CHEN *et al.*, 2017; CRAGG; GILMORE, 2014; CRAGG *et al.*, 2017; PENG *et al.*, 2012; VAN DER SLUIS; DE JONG; VAN DER, 2004). A capacidade de atualização é a capacidade de substituir informações antigas da memória por outras mais recentes e relevantes e, para Bull e Lee (2014), foi o achado mais influente na esfera do aprendizado aritmético. A inibição é importante na medida em que ela dá ao indivíduo capacidade para controlar seus comportamentos, emoções e pensamentos, a fim de fazer aquilo que é adequado para a situação, como escolher um fato aritmético mais apropriado (DIAMOND, 2013; CRAGG; GILMORE, 2014). Nessa perspectiva, a inibição é um grande preditor do desempenho aritmético, principalmente do 1.º ao 5.º ano do Ensino Fundamental (GONÇALVES *et al.*, 2017), quando essa função ainda está em processo de amadurecimento. Na matemática, ela auxilia na manutenção da atenção, ignorando estímulos externos, mantendo em mente as informações relevantes e suprimindo as irrelevantes que podem ocupar espaço na memória de trabalho (BULL; LEE, 2014; TOLL *et al.*, 2011).

A alternância é caracterizada pelo desengajamento de um conjunto de tarefas ou estratégias irrelevantes e pela ativação subsequente de uma estratégia mais adequada (VAN DER SLUIS; DE JONG; VAN DER, 2004). No que concerne ao desempenho matemático, ela dá ao sujeito a oportunidade de trocar de estratégia entre diferentes etapas de resoluções aritméticas (TOLL *et al.*, 2011). Como nos primeiros anos do Ensino Fundamental as tarefas não são tão complexas, os estudos indicam que, com o aumento da escolaridade, os alunos necessitam recrutar mais as habilidades de inibição e alternância (GONÇALVES *et al.*, 2017; TOLL *et al.*, 2011; VIAPIANA *et al.*, 2016).

Explorar as associações entre a neuropsicologia e a educação pode auxiliar na promoção da aprendizagem aritmética, na prevenção de dificuldades nesse campo e, ainda, possibilita melhor compreender os processos cognitivos potencialmente necessários para o desenvolvimento aritmético. Na maior parte das vezes, os estudos focam apenas algumas funções neuropsicológicas, quando não uma única função como a linguagem, deixando de lado a discussão de outras importantes funções cognitivas que também são fundamentais para o desenvolvimento da aritmética.

Nesse contexto, o presente artigo teve como objetivo principal examinar as funções cognitivas associadas às dificuldades em aritmética, com foco em: a) analisar a relação entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho em aritmética da amostra total de cada ano escolar; e b) investigar o desempenho dos alunos nas funções neuropsicológicas, divididos de acordo com

o desempenho em aritmética, para cada ano escolar. As hipóteses levantadas são as de que o desempenho nas funções neuropsicológicas como funções executivas e memória associar-se-á ao desempenho em aritmética para essa amostra. Do mesmo modo, acredita-se que os estudantes com dificuldades em aritmética apresentarão um pior desempenho nas funções neuropsicológicas, especialmente nas funções executivas e na memória de trabalho, do que os alunos sem dificuldades em aritmética.

MÉTODOS

PARTICIPANTES

Participaram da pesquisa 167 alunos de 4.º e de 6.º ano do Ensino Fundamental, com idades variando de 9 a 12 anos (ver Tabela 1). Esses anos escolares foram escolhidos considerando que os alunos já estivessem plenamente alfabetizados (diminuindo as chances de déficits em linguagem por estarem em processo de alfabetização) e uma diferença de idade/ano escolar para verificar as diferenças entre desempenhos na aritmética e nas funções neuropsicológicas (levando em conta a idade-limite do instrumento em questão). A amostra foi composta por 91 alunos do 4.º ano (39 meninas – 43%) e 76 alunos do 6.º ano (49 meninas – 64%), de três escolas estaduais do município de Porto Alegre, RS, localizadas em uma mesma região, que apresentaram semelhanças na metodologia de ensino e nas características socioeconômicas e culturais, segundo os índices do Censo Escolar do Inep (2019).

Tabela 1: Informações descritivas da idade dos participantes por ano escolar e total da amostra

Ano Escolar	Média	DP	Mínimo	Máximo	Mediana
4.º	10,25	0,67	9,03	12,28	10,01
6.º	12,00	0,38	11,44	12,97	11,91
Total	11,04	1,03	9,03	12,97	11,43

Fonte: Autoras

Para compor uma das análises do estudo, os participantes foram divididos em dois grupos. No primeiro, estão alunos com dificuldades aritméticas (N = 20 de 4.º ano; N = 24 de 6.º ano), que apresentaram no subteste de aritmética do TDE escores inferiores aos esperados para seus respectivos anos escolares. O segundo grupo é constituído por alunos sem dificuldades (N = 71 de 4.º ano; N = 52 de 6.º ano), formado por aqueles que obtiveram um bom desempenho no subteste de aritmética.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o número 44047215.3.0000.5347. Foi apresentado aos pais dos alunos um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) explicando todos os objetivos da pesquisa. Os critérios de inclusão para participação no estudo foram os seguintes: ser falante do português brasileiro, não apresentar doenças neurológicas ou psiquiátricas, apresentar escores acima do percentil 25 no teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (ANGELINI *et al.*, 1999) e ter idade inferior a 12 anos, idade-limite para aplicação da bateria de testes neuropsicológicos utilizada.

INSTRUMENTOS

Questionário socioeconômico e de saúde (CORSO; SPERB; SALLES, 2013): Preenchido pelos pais ou responsáveis da criança, a fim de descartar da amostra alunos com diagnósticos graves, como doenças neurológicas (traumatismo cranioencefálico ou problemas do neurodesenvolvimento, como autismo e outros) e doenças psiquiátricas (por exemplo, depressão grave e outros), bem como conhecer os contextos familiares e sociais dos participantes. Foram coletados dados como idade, escolaridade, histórico de doenças do aluno e uso de medicamentos.

Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (ANGELINI *et al.*, 1999): Instrumento utilizado para avaliar o quociente de inteligência (QI) não verbal. Foi considerado que os participantes teriam que desempenhar um percentil acima de 25 para serem incluídos na amostra (classificação intelectual na média ou superior).

Subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (STEIN, 1994): Instrumento normatizado para a região Sul do Brasil e considerado sensível para identificar indivíduos com dificuldades aritméticas (GONÇALVES *et al.*, 2017; VIAPIANA *et al.*, 2016). Ele é composto por 38 questões, que engloba cálculos aritméticos com grau de dificuldade crescente. Alunos que obtiveram desempenho inferior, equivalente ao percentil 25 ou menor, para esse estudo foram considerados alunos com dificuldades em aritmética. Alunos com desempenho médio ou superior, equivalente ao percentil 50 ou maior, foram considerados alunos sem dificuldades em aritmética.

Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Infantil – NEUPSILIN-Inf (SALLES *et al.* 2016): Verifica o desempenho neuropsicológico do estudante nas seguintes funções neuropsicológicas: orientação, atenção, percepção, memória, linguagem, habilidades visuoespaciais, habilidades aritméticas e funções executivas. O instrumento compreende 26 subtestes (Quadro 1). O instrumento possui normatização para as escolas públicas e privadas de Porto Alegre.

Quadro 1: Lista e descrição dos 26 subtestes do instrumento NEUPSILIN-Inf

Função Neuropsicológica	Subtestes	Descrição do Item
Orientação	Verbal	Resposta a 6 questões
Atenção	Atenção Visual	Cancelamento de figuras
	Atenção Auditiva	Repetição de números, ordem direta, 2 a 5 itens
Percepção	Emoção em faces	6 imagens de expressões faciais
	Constância e forma do objeto	Comparação do alvo com 2 figuras
Memória		Repetição de números, ordem inversa, 2 a 5 itens
	Memória de Trabalho	Repetição de pseudopalavras, 14 itens
	Visuoespacial	Imitação da sequência (ordem inversa), 2 a 5 quadrados

Função Neuropsicológica	Subtestes	Descrição do Item	
Memória Episódico-semântica	Verbal Imediata e tardia	Recordação oral de 9 palavras	
	Visuoverbal Imediata	Recordação oral de 9 figuras	
Memória Semântica	Oral	Resposta a 4 questões	
Linguagem	Nomeação	Nomeação de 9 figuras	
	Linguagem Oral	Consciência fonológica - Rima	4 itens com 3 palavras – identificação das que rimam
		Consciência fonológica - Subtração fonêmica	6 itens – fonemas
		Compreensão oral	3 figuras – leitura da frase e escolha de 1 alvo
	Processamento inferencial	4 afirmações – explicação do significado	
	Linguagem Escrita	Leitura em voz alta – Sílabas, palavras e pseudopalavras	Leitura de 6 sílabas, 6 palavras e 5 pseudopalavras
		Compreensão escrita	Leitura de 5 frases – identificação da imagem alvo entre 3 opções
		Escrita de palavras e pseudopalavras	Ditado de 14 palavras e 5 pseudopalavras
		Escrita espontânea	Escrita de uma frase
		Escrita copiada	Cópia de uma frase
Habilidades visuoestrutivas	Habilidades visuoestrutivas	3 figuras geométricas e 1 objeto	
Habilidades aritméticas	Contagem de palitos	8 figuras de palitos	
	Cálculos matemáticos	Escrita e resolução de 8 cálculos	
Funções Executivas	Fluência Verbal	Ortográfica	Produção de palavras com a letra inicial “M”
		Semântica	Produção de nome de animais
	Paradigma Go no-go	Tarefa verbal (gravada)	60 números – responde sim a todos, exceto o 8

Fonte: Salles *et al.*, 2011

PROCEDIMENTOS

A primeira etapa da coleta de dados envolveu a aplicação coletiva do teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven (máximo de oito participantes por grupo), realizada por uma psicóloga, com duração aproximada de 20 minutos por grupo. A seguir, o subteste de aritmética do TDE foi aplicado pela pesquisadora do estudo a cada turma, de forma coletiva. Por fim, houve a aplicação individual do NEUPSILIN-Inf, feita por graduandos de psicologia (após treinamento com psicóloga responsável), com duração de cerca de 40 minutos por aluno. As tarefas individuais foram realizadas em um espaço disponibilizado pelas escolas e a ordem de apresentação foi a mesma para todos os sujeitos.

DELINEAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Este estudo seguiu um delineamento transversal, comparativo de grupos e correlacional, com amostragem por conveniência. Foram realizadas estatísticas descritivas para caracterização da amostra e das variáveis de interesse. Para examinar a relação entre os desempenhos neuropsicológicos e os desempenhos em aritmética da amostra total para cada ano escolar, foi feita uma correlação de Pearson entre os escores z das funções neuropsicológicas avaliadas pelo NEUPSILIN-inf e os escores z alcançados no TDE. Ainda, foi utilizado o Teste t para observar as diferenças entre grupos, criados de acordo com o desempenho em aritmética no TDE (grupos com e sem dificuldades) com relação ao desempenho nas funções neuropsicológicas, investigadas pelo NEUPSILIN-Inf, e também quanto ao quociente de inteligência não verbal. A estatística d de Cohen foi executada para estudar o tamanho do efeito dessa diferença entre grupos, separados por ano escolar.

RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentados dados de caracterização da amostra em matéria de frequência e divididos por ano escolar. A grande parte da amostra total é composta por meninas; entretanto, o 4.º ano tem em sua maioria meninos. No tocante à repetência escolar, 21% da amostra do 4.º e do 6.º ano já repetiu algum ano escolar, e, segundo relato dos pais, 23% dos alunos desses dois anos escolares já apresentaram problemas anteriores de leitura e escrita.

Tabela 2: Frequência das variáveis descritivas da amostra em função do ano escolar

Variáveis	4.º ano (N=91)		6.º ano (N=76)		
	N	%	N	%	
Sexo	Feminino	39	43	49	64
	Masculino	52	57	27	36
Repetência ano escolar	Não	67	75	61	84
	Sim	22	25	12	16
Dificuldade Visual	Não	76	84	58	80
	Sim	14	16	15	20

Variáveis		4.º ano (N=91)		6.º ano (N=76)	
		N	%	N	%
Usa óculos	Não	77	86	63	85
	Sim	13	14	11	15
Problemas anteriores de leitura e escrita	Não	62	70	61	85
	Sim	26	30	11	15

Fonte: Autoras

A Tabela 3 apresenta os dados, com significância estatística, da correlação de Pearson realizada para verificar a relação entre o desempenho no TDE e o desempenho nos subtestes do NEUPSILIN-Inf. Para o 4.º ano, destacam-se as correlações positivas e moderadas entre os escores z do TDE e os escores z dos subtestes de Memória Semântica ($r=0,4$; $p=0,001$) e Cálculos ($r=0,5$; $p<0,001$) do NEUPSILIN-Inf. Portanto, quanto melhor o desempenho em aritmética, melhor é o desempenho desses alunos em evocar conhecimentos baseados em conceitos e também em realizar cálculos matemáticos simples.

Para o 6.º ano, evidenciam-se as correlações positivas e moderadas entre os escores z do TDE e os escores z dos subtestes de *Span* de Dígitos ($r=0,4$; $p=0,002$), Cálculos ($r=0,5$; $p<0,001$) e Fluência Verbal total ($r=0,4$; $p=0,001$) do NEUPSILIN-Inf. Logo, quanto melhor o desempenho em aritmética dos alunos desse ano escolar, melhor é o seu desempenho em: reter e manipular informações numéricas por um curto período de tempo, realizar cálculos matemáticos simples e organizar as estratégias utilizadas para a evocação de palavras do léxico. As demais correlações, por sua vez, mostraram-se positivas e fracas para ambos os anos escolares.

Tabela 3: Correlações de Pearson entre os escores z do TDE e os escores z dos subtestes do NEUPSILIN-Inf para o 4.º e 6.º ano do Ensino Fundamental

Variáveis	4.º ano		6.º ano	
	r	p	r	p
Orientação	Sem sig. estatística		0,2	0,04
Memória Episódico-Semântica (Verbal Imediata)	Sem sig. estatística		0,3	0,01
MT Span de Dígitos	0,2	0,04	0,4	0,002
MT Visuoespacial	0,3	0,01	0,3	0,01
Memória Semântica	0,4	0,001	Sem sig. estatística	
Subtração Fonêmica	0,3	0,001	Sem sig. estatística	
Consciência Fonológica	0,2	0,03	Sem sig. estatística	
Processo Inferencial	0,3	0,01	Sem sig. estatística	
Leitura de Sílabas	0,2	0,04	Sem sig. estatística	

Variáveis	4.º ano		6.º ano	
	r	p	r	p
Escrita de Palavras	0,3	0,004	0,3	0,01
Habilidades Visuoconstrutivas	0,3	0,01	Sem sig. estatística	
Cálculos	0,5	<0,001	0,5	<,0001
FV Ortográfica	Sem sig. estatística		0,3	0,002
FV Semântica	Sem sig. estatística		0,3	0,02
Fluência Verbal Total	Sem sig. estatística		0,4	0,001
Paradigma Go/no-go	Sem sig. estatística		0,3	0,01

Nota: MT = Memória de trabalho; FV = Fluência verbal; r = Coeficiente de correlação de *Pearson*; p = significância estatística; sem sig. estatística = sem significância estatística.

Fonte: Autoras

Com relação à comparação do desempenho neuropsicológico (calculado pelo escore z) dos grupos com e sem dificuldade em aritmética, para os alunos do 4.º ano, foram encontradas diferenças significativas em três tarefas do NEUPSILIN-Inf apresentadas na Tabela 4. Os alunos sem dificuldade aritmética desempenharam significativamente melhor do que aqueles com dificuldade nos escores de habilidade aritmética, cálculos e habilidades visuoconstrutivas.

Tabela 4: Estatísticas descritivas e diferenças de desempenho neuropsicológico entre os grupos com e sem dificuldade aritmética para o 4.º ano do Ensino Fundamental

Variáveis (Escore Z)	Sem dificuldade aritmética				Com dificuldade aritmética				Teste estatístico			
	N	M	DP	Mediana	N	M	DP	Mediana	t	Sig.	Tamanho de efeito	magnitude
Habilidade Aritmética	71	-0,38	1,29	0,01	20	-3,14	2,43	-2,7	4,88	0,001	-1,23	grande
Cálculos	71	-0,38	1,29	0,00	20	-2,78	2,86	-2,63	3,65	0,001	-0,92	grande
Habilidade Visuoconstrutiva	71	-1,02	1,80	-0,67	20	-2,07	1,91	-2,17	2,21	0,04	-0,56	médio

Nota: N = número de participantes; M = média; DP = desvio-padrão; t = Teste t; sig. = significância

Fonte: Autoras

Relativamente aos alunos de 6.º ano, foram encontradas diferenças significativas em oito tarefas do NEUPSILIN-Inf, apresentadas na Tabela 5. Os alunos sem dificuldade aritmética desempenharam significativamente melhor do que aqueles com dificuldade nos escores de cálculos, habilidade aritmética, fluência ortográfica, fluência verbal total, memória de trabalho visuoespacial, memória de trabalho total, memória episódico-semântica e memória total.

Tabela 5: Estatísticas descritivas e diferenças de desempenho neuropsicológico entre os grupos com e sem dificuldade aritmética para o 6.º ano do Ensino Fundamental

Variáveis (Escore Z)	Sem dificuldade aritmética				Com dificuldade aritmética				Teste estatístico			
	N	M	DP	Mediana	N	M	DP	Mediana	t	Sig.	Tamanho de efeito	Magnitude
Cálculos	52	-0,39	1,51	0,45	24	-2,82	3,71	-1,09	3,10	0,001	1,01	grande
Habilidade Aritmética	52	-0,12	1,59	0,45	24	-2,76	3,68	-1,03	3,37	0,001	1,08	grande
Fluência Ortográfica	52	-0,14	0,88	-0,25	24	-0,62	0,81	-0,52	2,33	0,02	0,56	médio
Fluência Verbal Total	52	-0,28	0,72	-0,27	24	-0,77	0,78	-0,88	2,62	0,01	0,67	médio
MT Visuoespacial	52	-0,14	1,43	0,15	24	-1,29	2,00	-0,80	2,53	0,02	0,71	médio
MT Total	52	-0,42	1,67	-0,24	24	-1,23	1,37	-1,07	2,25	0,03	0,52	médio
Memória Episódico-Semântica	52	-0,65	1,06	-0,72	24	-1,30	1,12	-1,04	2,41	0,02	0,61	médio
Memória Total	52	-0,56	1,24	-0,22	24	-1,41	1,66	-1,36	2,24	0,03	0,61	médio

Nota: N = número de participantes; M = média; DP = desvio-padrão; t = Teste t; Sig. = significância; MT = memória de trabalho

Fonte: Autoras

As tarefas de Cálculos (4.º ano: $t=3,65$, $d=-0,92$; 6.º ano: $t=3,10$, $d=1,01$; $p=0,001$) e Habilidades Aritméticas (4.º ano: $t=4,88$, $d=-1,23$; 6.º ano: $t=3,37$, $d=1,08$; $p=0,001$) do NEUPSILIN-Inf foram as que apresentaram maior magnitude (tamanho de efeito) em ambos os anos escolares, ao comparar os grupos com e sem dificuldades na aritmética. Tal dado é significativo pelo peso importante que os grupos formados a partir do TDE (com e sem dificuldade) ganham, na medida em que outro teste confirma o desempenho semelhante, fornecendo validade aos subtestes envolvidos.

Um resultado importante ainda a ser considerado é observado no Teste Matrizes Progressivas Coloridas de Raven, que não apontou diferença significativa entre os grupos com e sem dificuldades aritméticas do 4.º ano, mas evidenciou tal diferença nos grupos do 6.º ano (ver Tabela 6). Tal resultado sugere que o fator inteligência (QI) não verbal não se mostra associado ao desempenho aritmético no 4.º ano, mas, para o 6.º ano, este parece desempenhar uma habilidade de domínio geral.

Tabela 6: Estatísticas descritivas e diferenças de desempenho no Teste de Raven entre os grupos com e sem dificuldade aritmética para o 6.º e 4.º ano do Ensino Fundamental

4.º ano												
Variáveis Raven	Sem dificuldade aritmética				Com dificuldade aritmética				Testes estatísticos			
	N	M	DP	Mediana	N	M	DP	Mediana	t	Sig.	Tamanho do efeito	Magnitude
Escore Bruto	71	28,35	4,22	28	20	27,80	4,94	28	0,46	0,65	-0,12	desprezível
Percentil	69	75,87	19,45	80	20	73,95	21,19	80	0,36	0,72	-0,09	desprezível
6.º ano												
Escore Bruto	51	31,43	3,29	32	24	29,04	2,68	29	3,34	0,001	0,77	médio
Percentil	51	77,45	20,04	80	24	62,71	16,68	60	3,34	0,001	0,77	médio

Nota. N = número de participantes; M = média; DP = desvio-padrão; t = Teste t de Student; sig. = significância

Fonte: Autoras

DISCUSSÃO

Entre os objetivos propostos para este estudo, inicialmente, buscou-se: a) analisar a relação entre o desempenho neuropsicológico e o desempenho em aritmética da amostra total de cada ano escolar; e b) investigar o desempenho dos alunos nas funções neuropsicológicas, divididos de acordo com o desempenho em aritmética, para cada ano escolar.

Com relação ao primeiro objetivo, verificou-se que, para o 4.º ano, as funções neuropsicológicas concernentes ao desempenho aritmético são as seguintes: memória de trabalho, memória semântica, subtarefas de linguagem oral e escrita, cálculos e habilidades visuoespaciais. No 6.º ano, as relações apareceram de maneira significativa nas seguintes variáveis: orientação, memória episódico-semântica, memória de trabalho, escrita de palavras, cálculos e funções executivas. Os resultados vão na mesma direção que os apresentados por Zelazo e Carlson (2020), Viapiana *et al.* (2016) e Gonçalves *et al.* (2017), os quais demonstram que, quanto maior o nível escolar, mais recrutadas são as funções executivas, pois os conteúdos curriculares exigidos são mais complexos. Assim, os achados deste estudo corroboraram a hipótese elencada de que o desempenho aritmético apresenta-se associado às funções executivas e de memória, em especial na amostra do 6.º ano. Quanto à tarefa de cálculo do NEUPSILIN-Inf, que se correlacionou com o TDE para os dois anos, pode ser observado que essas variáveis convergem para o que se propõem a medir, podendo fornecer evidências de validade aos instrumentos e tarefas envolvidos. Importante lembrar que uma das oito funções neuropsicológicas examinadas pelo NEUPSILIN-Inf é a habilidade aritmética, avaliada por meio de tarefas de contagem e de cálculo aritmético. Constatou-se nesse estudo que tais tarefas do NEUPSILIN-Inf mostraram-se sensíveis para

identificar dificuldades aritméticas, as quais foram medidas com base no Subteste de Aritmética do teste de Desempenho Escolar (TDE).

Para o 4.º ano, a memória semântica foi a “variável de memória” que mais se sobressaiu. É possível que esse componente semântico, com a linguagem oral e as habilidades visuoespaciais, mostre-se importante para o desempenho aritmético do 4.º ano, tendo em vista que a matemática inicial é pautada pelo ensino a partir da oralidade e do uso de materiais concretos (CARBONNEAU; MARLEY; SELIG, 2013).

Pesquisas com crianças desde a idade pré-escolar revelam que o desempenho em tarefas de linguagem é um preditor do desempenho aritmético posterior (FAZIO, 1994; LEFEVRE *et al.*, 2010). A aprendizagem dos números está diretamente ligada ao vocabulário e à linguagem oral em função de que o aprendizado precoce da matemática está relacionado à audição e à fala (ZHANG, 2015), e a linguagem é uma expressão do pensamento. Cirino (2011) apresenta estudos (LEFEVRE *et al.*, 2010; KOPONEN *et al.*, 2007; KRAJEWSKI; SCHNEIDER, 2009) com crianças pré-escolares que possuem subtestes semelhantes aos do NEUPSILIN-Inf como nomeação, consciência fonológica e compreensão, que estão diretamente associados à competência matemática.

Um estudo recente com uma amostra de 23.220 crianças chinesas e americanas do 4.º ano revelou que a linguagem é uma habilidade de domínio geral muito influente no desempenho aritmético (MCCLUNG; ARYA, 2018), uma vez que a linguagem possibilita manipular informações matemáticas, como a contagem, e expressar o nome dos números. Sendo assim, em línguas menos transparentes, como é o caso do português, a relação entre linguagem e matemática torna-se ainda mais patente. Essa opacidade da língua é, inclusive, vista no próprio sistema de numeração decimal, quando números de dois dígitos possuem nomes irregulares (ZHANG; OKAMOTO, 2017). É relevante, portanto, que os nomes dos números e suas magnitudes sejam bem trabalhados, a fim de evitar um acúmulo de dificuldades matemáticas posteriores (MCCLUNG; ARYA, 2018).

Quanto ao segundo objetivo do estudo, constatou-se que, para o 4.º ano, as habilidades neuropsicológicas que diferenciam os alunos com e sem dificuldades são as habilidades aritméticas, os cálculos e as habilidades visuoespaciais. Com relação ao 6.º ano, são oito as funções neuropsicológicas que distinguem os alunos com e sem dificuldades. Para uma classificação clara será usada a divisão proposta pelo próprio instrumento NEUPSILIN-Inf: os subtestes de fluência ortográfica, fluência semântica e fluência verbal total configuram-se como funções executivas; memória episódico-semântica, memória de trabalho visuoespacial, memória de trabalho total e memória total configuram-se como a função memória; e linguagem oral, como linguagem (ver Tabela 2).

No 4.º ano, no tocante às habilidades aritméticas e aos cálculos, conforme esperado, o grupo com dificuldades aritméticas teve um desempenho muito inferior, se comparado ao grupo de desempenho médio e alto (considerado, nesse estudo, grupo sem dificuldades). Quanto às habilidades visuoespaciais, pesquisas apontam a importância dessa habilidade de domínio geral para uma boa competência numérica (CIRINO, 2011; ZHANG, 2015). Sabe-se que a educação matemática inicial é regida pelas habilidades visuais (CARBONNEAU; MARLEY; SELIG, 2013) com as de linguagem oral. Isso porque, especialmente no ensino da aritmética, os professores utilizam muitos recursos orais e concretos para pautarem seu ensino: contar em voz alta, fazer usos dos dedos, registros com desenhos e muitos meios concretos para desenvolver conceitos numéricos. Considerando o modelo do “triplo código” de Dehaene (1992), no qual o processamento numérico envolve linguagem oral (representação verbal do número), escrita (representação do algarismo arábico) e representada de modo não verbal (magnitude/quantidade), já seria possível compreender por que a linguagem e as habilidades visuais podem estar prejudicadas em crianças com dificuldades aritméticas. De acordo com esse modelo, a linguagem (mediante representação verbal e escrita) e as habilidades visuais (por intermédio de representação de

magnitudes) dão sustentação ao processamento numérico e, portanto, defasagens nessas habilidades acabam por comprometer o desempenho aritmético.

Pesquisas trazem a MT, com ênfase no componente visuoespacial, como um dos preditores do desempenho matemático (BULL; JOHNSTON; ROY, 1999; SIMMONS; WILLIS; ADAMS, 2012; CHEN *et al.*, 2017), mas poucas apresentam resultados sobre as habilidades visuoespaciais. É possível que isso ocorra porque as habilidades visuoespaciais e a MT visuoespacial estejam interligadas (ZHANG, 2015). Tendo em vista que esse estudo utilizou medidas de avaliação para ambas as funções, podemos distingui-las, dando relevo, de fato, ao achado estatisticamente mais significativo.

As habilidades visuoespaciais são percebidas em bebês e continuam a se desenvolver ao longo da primeira infância (SPELKE, 2000). Siegler e Booth (2004) assinalam que tais habilidades desempenham um papel crucial na aprendizagem inicial dos números, corroborando os achados de Zhang *et al.* (2014) que afirmam que a visualização espacial contribui para a compreensão numérica. Estudos com crianças em idade pré-escolar (ASSEL *et al.*, 2003; BARNES *et al.*, 2011; GUNDERSON *et al.*, 2012; VERDINE *et al.*, 2014; ZHANG; LING, 2015) apontam que as habilidades visuoespaciais predizem o desempenho aritmético das crianças anos depois, porque, ao aprenderem a contar, elas dependem de objetos concretos e, mesmo quando automatizam esse processo, fazem representações mentais dos números (ASSEL *et al.*, 2003). Esses resultados também reforçam o modelo de Geary (2004; 2013) a respeito das possíveis causas das dificuldades em matemática com relação à contagem e aos procedimentos operatórios, que seriam subsidiados pelo sistema linguístico/fonológico e pelo sistema visuoespacial.

Contrariamente ao que foi hipotetizado, os alunos dessa amostra do 4.º ano com dificuldades aritméticas não demonstraram as funções executivas, com ênfase na memória de trabalho, menos preservadas. Sabe-se que muitos estudos apresentam relações positivas entre essas variáveis (CIRINO, 2011; ZHANG, 2015). Um aspecto a considerar para explicar tal resultado pode ser a escolha metodológica das diferentes investigações, levando em conta, por exemplo, a variação nas idades dos participantes, as distintas tarefas para medir as funções executivas e o desempenho aritmético (MEYER *et al.*, 2010). Tais pontos reforçam a importância de as futuras pesquisas nesse campo atentarem para a busca de maior uniformidade nos instrumentos que avaliam aqueles domínios, tendo em vista a geração de dados de pesquisa possíveis de serem comparados e validados (CORSO, 2018).

Como apontado anteriormente, a linguagem e as funções executivas são habilidades subjacentes ao aprendizado da matemática e muito frequentemente diferenciam os alunos com e sem dificuldades de aprendizagem (GEARY, 2013; ZHANG, 2015; CIRINO, 2011). Para os resultados do 6.º ano, novamente é possível utilizar como respaldo teórico os modelos mais atuais de Geary (2013) e de Zhang (2015), que consideram que a linguagem e as funções executivas são habilidades subjacentes ao aprendizado da matemática.

A memória episódico-semântica, avaliada como uma memória declarativa, ou ainda explícita, configura-se como uma memória de longo prazo. O déficit desta em alunos com dificuldades aritméticas pode ser explicado pelo fato de que, possivelmente, eles tenham dificuldade de acessar informações de forma rápida e apurada. Isso dificulta, por exemplo, a possibilidade de recuperar, facilmente, os fatos básicos (HOPKINS; LAWSON, 2006; CORSO; DORNELES, 2015). Uma velocidade de processamento baixa, aliada a erros de contagem e uma MT pouco eficiente, explicaria o baixo desenvolvimento dessa memória (CORSO; ASSIS, 2020).

As funções executivas já são pontuadas, em estudos prévios, como muito relacionadas ao desempenho aritmético (BULL; LEE, 2014; BULL; SCERIF, 2001; CHEN *et al.*, 2017; CRAGG; GILMORE, 2014; CRAGG *et al.*, 2017; PENG *et al.*, 2012; VAN DER SLUIS; DE JONG; VAN DER, 2004). A inibição e a flexibilidade cognitiva, avaliadas por meio dos subtestes de fluência verbal, apresentaram uma forte associação com o desempenho aritmético. A inibição auxilia na manutenção da atenção, na escolha do cálculo aritmético e suprime informações irrelevantes para

não ocuparem espaço na MT (BULL; LEE, 2014; CRAGG; GILMORE, 2014; TOLL *et al.*, 2011). A flexibilidade cognitiva, por sua vez, permite que o sujeito enfrente um problema a partir de uma perspectiva diferente e busque soluções alternativas ou novas, sem se fixar a padrões preestabelecidos de comportamento (DIAMOND, 2013). Durante a resolução de problemas matemáticos complexos, a flexibilidade possibilita que o indivíduo possa alternar variados procedimentos (adição e subtração, por exemplo), adaptando-se às demandas da tarefa.

A MT, mais até do que as demais funções executivas, aparece como uma função protagonista dos estudos que relacionam funcionamento neuropsicológico e desempenho aritmético, uma vez que todos os seus componentes estão envolvidos nos procedimentos matemáticos (CHEN *et al.*, 2017; CORSO, 2018; CORSO; DORNELES, 2015; HAASE *et al.*, 2012; TOLL *et al.*, 2011). Todavia, diferentemente de alguns estudos que revelaram que a MT é um preditor de desempenho aritmético mais substancial do que o QI (ALLOWAY; ALLOWAY, 2008; BULL; LEE, 2014; KYLLONEN; CHRISTAL, 1990), o presente estudo, com relação ao 6.º ano, mostrou que a inteligência medida pelo teste de Raven apresentou uma grande significância estatística quando os grupos com e sem dificuldades foram comparados, significância esta maior do que os testes de memória.

Apesar de a MT Total ter tido uma alta associação com o desempenho aritmético, quando os subtestes são analisados separadamente, é possível observar que a MT visuoespacial foi mais relevante do que a MT fonológica. Tal achado corrobora os estudos de Simmons, Willis e Adams (2012) que afirmam que essa memória tem um papel mais evidente conforme a escolaridade avança, principalmente para atividades de escrita de números e julgamento de magnitudes.

Observou-se entre os anos escolares um aumento na porcentagem de alunos com dificuldades na aritmética (21,9% para o 4.º ano e 31,5% para o 6.º ano, ou seja, um crescimento de quase 10%), o que pode ser atribuído às demandas de conteúdos mais abstratos. A matemática possui uma estrutura hierárquica que deve ser respeitada: princípios de contagem, compreensão do sistema de numeração decimal, fatos básicos, recuperação dos fatos, compreensão do valor posicional, cálculos multidígitos e problemas (ANDERSSON, 2008; CASAS; GARCÍA CASTELAR, 2004; CORSO; ASSIS, 2017; GEARY; HAMSON; HOARD, 2000). Quando o ensino despreza essa hierarquia e desconsidera conteúdos que ainda não foram consolidados, as dificuldades acontecem e a aprendizagem não é efetivada.

O aumento das defasagens do 4.º para o 6.º ano também aparece com relação ao desempenho neuropsicológico, uma vez que o grupo com dificuldades do 4.º ano apresentou alguns subtestes de linguagem e as habilidades visuoespaciais em déficit; já o 6.º ano revelou vários subtestes das funções executivas, memória e linguagem prejudicados. Esse resultado demonstra que há um efeito crescente para o 6.º ano que se dá pelo maior número de funções neuropsicológicas em defasagem quando comparado ao 4.º ano. Nesse sentido, tais dados reforçam os estudos que mostram que, com o aumento da escolaridade e da complexidade dos conteúdos, os alunos necessitam recrutar mais suas funções neuropsicológicas (GONÇALVES *et al.*, 2017; TOLL *et al.*, 2011; VIAPIANA *et al.*, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos nesse estudo colaboraram para a literatura da área da educação e da neuropsicologia voltada ao ambiente escolar, uma vez que há poucas pesquisas brasileiras que fazem relação entre desempenho neuropsicológico e desempenho aritmético. Faz-se ainda mais significativo pelo fato de que abrange oito diferentes funções neuropsicológicas, a partir de 26 subtestes, possibilitando verificar as funções neuropsicológicas relacionadas ao desempenho aritmético. Nessa perspectiva, cabe lembrar que as tarefas que avaliaram as habilidades aritméticas

e de cálculo do NEUPSILIN-Inf mostraram-se sensíveis para identificar dificuldades aritméticas. Tal achado é pioneiro, tendo em vista que esse é o primeiro estudo que estabelece uma relação entre essa bateria neuropsicológica em sua totalidade e o desempenho aritmético.

É pertinente enfatizar algumas implicações educacionais dessa pesquisa. Inicialmente, acredita-se ser essencial que as evidências científicas cheguem até os professores, a fim de que possam conhecer, refletir e dar mais significado a seu fazer docente, pois o ensino precisa estar baseado em evidências científicas, e não na intuição docente (DORNELES; HAASE, 2018). A investigação das diferentes funções neuropsicológicas relacionando-as ao desempenho aritmético de grupos de alunos com e sem dificuldades nessa área possibilita o delineamento de intervenções específicas para as funções que se mostram prejudicadas. Do mesmo modo, fornece a base para as práticas educacionais que possam prevenir as dificuldades na aritmética. Investigações desse tipo auxiliam também com subsídios para o desenvolvimento de avaliações consistentes, capazes de evidenciar alunos em risco de desenvolver dificuldades na aritmética. Por assim ser, os avanços nessa área de pesquisa são fundamentais e promissores. Conhecer esses aspectos propiciará ao professor de sala de aula um novo olhar sobre seu aluno, além de mais respaldo e autoridade para solicitar uma avaliação e intervenção multidisciplinar.

Convém lembrar algumas limitações do estudo. O tamanho da amostra e a homogeneidade dos grupos de alunos também podem ser um fator a prejudicar a generalização dos dados. Sugere-se que pesquisas futuras possam considerar amostras maiores e entre escolas com outras características sociodemográficas.

Realça-se a importância de mais estudos que investiguem as relações entre o desempenho aritmético e as funções neuropsicológicas, de tal modo que se amplie o conhecimento sobre as alterações e os impactos dessas associações nas diversas áreas acadêmicas. Também se faz necessário um maior investimento em instrumentos de avaliação e de intervenção em funções neuropsicológicas, bem como em formação de professores que possam estimular essas funções no âmbito escolar.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, Tracy. P.; ALLOWAY, Ross. Working memory: is it the new IQ? *Nature Precedings*, v. 3, p. 1-17, 2008.

ANDERSSON, Ulf. Working memory as a predictor written arithmetical skills in children: the importance of central executive functions. *Br. J. Educ. Psychol.*, v. 78, p. 181-203, 2008.

ANGELINI, Arrigo. L. *et al. Manual: matrizes progressivas coloridas de Raven*. São Paulo: Centro Editor de Testes e Pesquisas em Psicologia, 1999.

ASSEL, Mike. A. *et al.* Precursors to Mathematical skills: examining the roles of visual-spatial skills, executive processes, and parenting factors. *Applied Developmental Science*, v. 7, n. 1, p. 27-38, 2003.

BADDELEY, Alan. D.; HITCH, G. Working memory. In: BOWER, G. H. (ed.). *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. New York: Academic Press, 1974. v. 8, p. 47-89.

BARNES, Marcia. A. *et al.* Mathematical skills in 3- and 5-year-olds with spina bifida and their typically developing peers: a longitudinal approach. *Journal of the International Neuropsychological Society*, v. 17, n. 3, p. 431-444, 2011.

BASTOS, José. A. Matemática: distúrbios específicos e dificuldades. In: ROTTA, N. T. *et al. Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016. p. 176-189.

BOLLER, François. History of the International Neuropsychological Symposium: a reflection of the evolution of a discipline. *Neuropsychologia*, v. 37, p. 17-26, 1999.

BRASIL. MEC/INEP. *Relatório do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB)*. Brasília, 2019.

BULL, Rebecca.; JOHNSTON, R. S.; ROY, J. A. Exploring the roles of the visual-spatial sketch pad and central executive in children's arithmetical skills: views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, v. 15, p. 421-442, 1999.

BULL, Rebecca.; LEE, K. Executive functioning and mathematics achievement. *Child Dev. Perspect*, v. 8, p. 36-41, 2014.

BULL, Rebecca.; SCERIF, G. Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, v. 19, p. 273-293, 2001.

CARBONNEAU, Kira. J.; MARLEY, S. C.; SELIG, J. P. A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, v. 105, n. 2, p. 380-400, 2013.

CASAS, Ana. M.; GARCÍA CASTELLAR, R. Mathematics education and learning disabilities in Spain. *Journal of Learning Disabilities*, v. 37, n. 1, p. 62-73, 2004.

CHEN, Xiaoying. *et al.* Effect of working memory updating training on retrieving symptoms of children with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, v. 51, n. 5, p. 507-519, 9 jun. 2017.

CIRINO, Paul. T. The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 108, p. 713-733, 2011.

CONSENZA, Ramon. M.; GUERRA, L. B. *Neurociência e educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CORSO, Luciana. V. Memória de trabalho, senso numérico e desempenho em aritmética. *Revista Psicologia: Teoria e Prática*, v. 20, n. 1, p. 141-154, 2018.

CORSO, Luciana. V.; ASSIS, É. F. Reflexões acerca da aprendizagem inicial da matemática: contribuições de aspectos externos ao aluno. In: PICCOLI, L.; CORSO, L. V.; ANDRADE, S. S.; SPERRHAKE, R. (org.). *Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa – PNAIC UFRGS: práticas de alfabetização, aprendizagem da matemática e políticas públicas*. São Leopoldo: Oikos, 2017. p. 114-138.

CORSO, Luciana. V.; ASSIS, É. F. Interface entre a velocidade de processamento cognitivo e o desempenho aritmético e leitor de alunos do 5.º e 7.º anos do Ensino Fundamental. *Bolema*:

Boletim de Educação Matemática, v. 34, n. 66, p. 225-245, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n66a11>. Acesso em: 20 set. 2021.

CORSO, Luciana. V.; DORNELES, B. V. Perfil cognitivo dos alunos com dificuldades de aprendizagem na leitura e matemática. *Revista Psicologia: Teoria e Prática*, v. 17, n. 2, p. 185-198, 2015.

CORSO, Luciana. V.; SPERB, T. M.; SALLES, J. F. Comparação entre maus compreendedores e bons leitores em tarefas neuropsicológicas [Comparison between poor comprehenders and typical readers in neuropsychological tasks]. *Psicologia em Pesquisa*, v. 7, p. 37-49, 2013.

CRAGG, Lucy. *et al.* Direct and indirect influences of executive functions on Mathematics achievement. *Cognition*, v. 162, p. 12-26, 2017.

CRAGG, Lucy.; GILMORE, C. Skills underlying Mathematics: the role of executive function in the development of Mathematics proficiency. *Trends NeurosciEduc.*, v. 3, p. 63-68, 2014.

DEHAENE, Stanislas. Précis of the number sense. *Mind & Language*, v. 16, p. 16-36, 2001.

DEHAENE, Stanislas. Varieties of numerical abilities. *Cognition*, v. 44, n. 1-2, p. 1-42, 1992.

DEHAENE, Stanislas. Babies who count. In: DEHAENE, S. *The number sense: how the mind creates Mathematics*. New York: Oxford University Press, 1997.

DIAMOND, Adele. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, v. 64, p. 135-168, 2013.

DORNELES, Beatriz. V.; HAASE, V. G. Aprendizagem numérica em diálogo: neurociências e educação. In: LENT, R.; BUCHWEITZ, A.; MOTA, M. B. (org.). *Ciência para educação: uma ponte entre dois mundos*. São Paulo: Atheneu, 2018. v. 1, p. 133-160.

DOWKER, Ann. *Individual differences in arithmetic: implications for psychology, neuroscience, and education*. New York: Psychology Press, 2005.

FAZIO, Barbara. The counting abilities of children with specific language impairment: a comparison of oral and gestural tasks. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 37, p. 358-368, 1994.

FONSECA, Rochele. P.; SALLES, J. F.; PARENTE, M. A. M. P. *Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN*. São Paulo: Vetor, 2009.

GEARY, David. C. Reflections of evolution and culture in children's cognition: implications for mathematical development and instruction. *American Psychologist*, v. 50, n. 1, p. 24-37, 1995.

GEARY, David. C. Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, v. 37, p. 4-15, 2004.

GEARY, David. C. Cognitive predictors of achievement growth in Mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, v. 47, n. 6, p. 1539-1552, 2011.

GEARY, David. C. Early foundations for Mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, v. 22, p. 23-27, 2013.

- GEARY, David. C.; HAMSON, C. O.; HOARD, M. K. Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 77, p. 236-263, 2000.
- GOLBERT, Clarissa.; SALLES, J. F. Desempenho em leitura/escrita e em cálculos aritméticos em crianças de 2.^a série. *Psicologia Escolar e Educacional*, v. 14, p. 203-210, 2010.
- GONÇALVES, Hosana. A. *et al.* Funções executivas predizem o processamento de habilidades básicas de leitura, escrita e matemática? *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, v. 9, n. 3, p. 42-54, 2017.
- GUNDERSON, Elizabeth. A.; RAMIREZ, G.; BEILOCK, S. L.; LEVINE, S. C. The relation between spatial skill and early number knowledge: the role of the linear number line. *Developmental Psychology*, v. 48, p. 1229-1241, 2012.
- HAASE, Vitor. G. *et al.* Heterogeneidade cognitiva nas dificuldades de aprendizagem da matemática: uma revisão bibliográfica. *Psicologia em Pesquisa*, v. 6, n. 2, p. 139-150, 2012.
- HAASE, Vitor. G. Introdução. In: SALLES, J. F. *et al.* *NEUPSILIN-Inf*. São Paulo: Vetor, 2016. p. 15-19.
- HOPKINS, Sarah. L.; LAWSON, M. J. The effect counting speed has on developing a reliance on retrieval in basic addition. *Contemporary Educational Psychology*, v. 31, p. 208-227, 2006.
- KOPONEN, Tuire.; AUNOLA, K.; AHONEN, T.; NURMI, J. Cognitive predictors of single-digit and procedural calculation skills and their covariation with reading skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 97, p. 220-241, 2007.
- KRAJEWSKI, Kristin.; SCHNEIDER, W. Exploring the impact of phonological awareness, visuo-spatial working memory, and preschool quantity–number competencies on Mathematics achievement in elementary school: findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 103, p. 516-531, 2009.
- KYLLONEN, Patrick. C.; CHRISTAL, R. E. Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity. *Intelligence*, v. 14, p. 389-433, 1990.
- LEFEVRE, Jo. A. *et al.* Pathways to mathematics: longitudinal predictors of performance. *Child Development*, v. 81, p. 1753-1767, 2010.
- LURIA, Aleksandr. R. *Fundamentos de neuropsicologia*. São Paulo: EDUSP, 1981.
- MCCLUNG, Nicola. A.; ARYA, D. J. Individual differences in fourth-grade Math achievement in Chinese and English. *Frontiers in Education*, v. 3, 2018.
- MEYER, Meghan. L. *et al.* Differential contribution of specific working memory components to Mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, v. 20, p. 101-109, 2010.

PENG, Peng. *et al.* Phonological storage and executive function deficits in children with Mathematics difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 112, p. 452-466, 2012.

PIAGET, Jean. *Os seis estudos de psicologia*. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

PICCOLO, Luciane. R.; GIACOMONI, C. H.; JULIO-COSTA, A.; OLIVEIRA, S.; ZBORNIK, J.; HAASE, V. G.; SALLES, J. F. Reading anxiety in L1: reviewing the concept. *Early Childhood Education Journal*, v. 45, n. 4, p. 537-543, 2017.

SALLES, Jerusa. F. *et al.* Desenvolvimento do instrumento de avaliação neuropsicológica breve infantil NEUPSILIN-Inf. *Psico-USF*, v. 16, p. 297-305, 2011.

SALLES, Jerusa. F.; PARENTE, M. A. M.; FONSECA, R. P. *Instrumento de avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN-Inf*. São Paulo: Vetor, 2016.

SIEGLER, Robert. S.; BOOTH, J. L. Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, v. 75, p. 428-444, 2004.

SILVA, Júlia. B. L.; MOURA, R. J.; WOOD, G.; HAASE, V. G. Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. *Temas em Psicologia*, v. 23, n. 1, p. 157-173, 2015.

SIMMONS, Fiona. R.; WILLIS, C.; ADAMS, A. Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *J Exp Child Psychol*, v. 111, n. 2, p. 139-155, 2012.

SPELKE, Elizabeth. S. Core knowledge. *American Psychologist*, v. 55, n. 11, p. 1233-1243, 2000.

SPINILLO, Alina. G. Usos e funções do número em situações do cotidiano. In: BRASIL. *Pacto Nacional pela Alfabetização na Idade Certa: quantificações, registros e agrupamentos*. Brasília: MEC, SEB, 2014. p. 20-29.

STARKEY, Prentice.; COOPER, R. G. Perception of number by human infant. *Science*, v. 210, p. 1033-1035, 1980.

STEIN, Lilian. M. *Teste de desempenho escolar: manual para aplicação e interpretação*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

STERNBERG, Robert. J. *Psicologia cognitiva*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TOLL, Sylke. W. *et al.* Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, v. 44, p. 521-532, 2011.

VAN DER SLUIS, Sophie.; DE JONG, P. F.; VAN DER LEIJ, A. Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 87, p. 239-266, 2004.

VERDINE, Brian. N.; IRWIN, C. M.; GOLINKOFF, R. M.; HIRSH-PASEK, K. Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, v. 126, p. 37-51, 2014.

VIAPIANA, Vanisa. F. *et al.* Evidências de validade do subteste aritmética do TDE-II: da psicometria moderna à neuropsicologia cognitiva. *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, v. 8, n. 2, p. 16-26, 2016.

ZELAZO, Philip. D.; CARLSON, S. M. The neurodevelopment of executive function skills: implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*, v. 13, n. 3, p. 273-298, 2020.

ZHANG, Xiao. Linking language, visual spatial, and executive function skills to number competence in very young Chinese children. *Early Child*, 2015.

ZHANG, X.iao; LIN, D. Pathways to arithmetic: the role of visual-spatial and language skills in written arithmetic, arithmetic word problems, and nonsymbolic arithmetic. *Contemporary Educational Psychology*, v. 41, p. 188-197, 2015.

ZHANG, Dake.; XIN, Y.; HARRIS, K.; DING, Y. Improving multiplication strategic development in children with Math difficulties. *Learning Disability Quarterly*, v. 37, p. 15-30, 2014.

ZHANG, Yu.; OKAMOTO, Y. Encoding “10ness” improves first-graders’ estimation of numerical magnitudes. *Psych Archives*, p. 190-201, 2017.

Submetido: 29/09/2021

Aprovado: 14/06/2022

CONTRIBUIÇÃO DAS/DOS AUTORES/AS:

Autora 1 - Realizou o estudo empírico, a revisão integrativa da literatura, a redação do manuscrito, a análise dos dados e a revisão do manuscrito.

Autora 2 - Auxiliou na revisão integrativa da literatura, na redação do manuscrito, na análise dos dados e na revisão do manuscrito.

Autora 3 - Orientou a realização do estudo empírico, auxiliou na revisão integrativa da literatura, na redação e na revisão do manuscrito.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesses em relação ao artigo “Associações entre desempenho neuropsicológico e desempenho aritmético: um estudo com alunos do Ensino Fundamental”.