

## Evidências de Validade do Subteste Aritmética do TDE-II: da Psicometria moderna à Neuropsicologia Cognitiva

*Evidencia de validez de la subprueba Aritmética del TDE-II: de la psicometría moderna a la neuropsicología cognitiva*  
*Preuve de la validité de l'ubtest Arithmétique du TIDE-II: des Psychometrics modernes vers la neuropsychologie cognitive*  
*Evidence of Validity of the Arithmetic Subtest of the TDE-II: from the modern Psychometrics towards the Cognitive Neuropsychology*

Vanisa Fante Viapiana<sup>1</sup>, Claudia Hofnheiz Giacomoni<sup>2</sup>,  
Lilian Milnitsy Stein<sup>1</sup> & Rochele Paz Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

Agradecimento: ao órgão de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### Resumo

A relação entre o desempenho escolar e mecanismos cognitivos estabelecida pela neuropsicologia cognitiva pode contribuir para a investigação de evidências de validade de instrumentos de avaliação de domínios da aprendizagem formal. No entanto, tal interface é, ainda, pouco explorada no que tange às conexões entre habilidades matemáticas, linguísticas e executivas. Nesta perspectiva, este estudo teve como objetivo investigar evidências de validade convergente do Subteste Aritmética do Teste de Desempenho Escolar- Segunda Edição (TDE-II), à luz de reflexões sobre a relação entre aritmética e FE(FF). Para tanto, analisaram-se escores refinados dos Subtestes do TDE-II (escore theta) baseados na Teoria de Resposta ao Item (TRI). Participaram deste estudo 111 estudantes brasileiros de 1º a 9º ano do Ensino Fundamental (EF). A amostra contou com 10 a 14 estudantes para cada ano escolar, pareados em relação ao sexo, sendo metade de escola pública. Os resultados mostram que tanto a Versão A do Subteste Aritmética (1º a 5º ano do EF) quanto a Versão B (6º a 9º ano do EF) obtiveram um alto índice de correlação com o Subteste Aritmética do WISC-IV. A versão A também obteve altas magnitudes de correlação com leitura e escrita e correlações de nível moderado com os índices de FE: memória de trabalho e controle inibitório. Já a versão B apresentou magnitudes correlacionais fracas com os escores de leitura, escrita e FE. Sendo assim, as FE parecem contribuir de forma mais específica com o processo inicial de aprendizagem matemática. Conclui-se que Subteste Aritmética do TDE-II apresenta evidências de validade convergente adequadas e caracteriza-se como um instrumento potencial para avaliação do desempenho escolar no contexto escolar, educacional e clínico. Sugerem-se estudos futuros com crianças com dificuldades de aprendizagem e outros transtornos do neurodesenvolvimento, em busca de uma compreensão mais acurada das relações entre desenvolvimento matemático e executivo.

Palavras-chave: Teste de Desempenho Escolar, Aritmética, Teoria de Resposta ao Item, Neuropsicologia Cognitiva, Funções Executivas.

### Resumen

La relación entre el rendimiento escolar y los mecanismos cognitivos establecidos por la neuropsicología cognitiva puede contribuir a la evidencia de la investigación de los dominios de validez de los instrumentos de evaluación del aprendizaje formal. Sin embargo, esta interfaz es todavía poco explorado en relación a las conexiones entre las matemáticas, el lenguaje y las funciones ejecutivas. En este marco, este estudio tuvo como objetivo investigar la evidencia de validez convergente de la subprueba Aritmética del del Test de Desempeño Escolar-segunda edición (TDE-II), a la luz de la relación entre la aritmética y las FFEE (funciones ejecutivas). Para eso, se analizaron las puntuaciones de las subpruebas de TDE-II (puntuación theta) basados en la Teoría de Respuesta (IRT). El estudio incluyó a 111 estudiantes brasileños de 1º a 9º grado de la escuela elemental (EF). Para cada año escolar, la muestra posee entre 10 y 14 estudiantes, emparejados en sexo, siendo la mitad de la escuela pública. Los resultados muestran que tanto la versión de la subprueba Aritmética

Artigo recebido: 13/06/2016; Artigo revisado (1a revisão): 26/08/2016; Artigo aceito: 29/08/2016.

Correspondências relacionadas a esse artigo devem ser enviadas a Vanisa Fante Viapiana, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola de Humanidades, Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Grupo de Pesquisa em Processos Psicológicos, Avenida Ipiranga, 6681, Prédio 11, sala 940, Partenon, CEP 90619-900, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

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

DOI: 10.5579/rnl.2016.0306

(1º a 5º grado de EF) y la versión B (6º a 9º grado de EF) obtienen un alto grado de correlación con la subprueba Aritmética del WISC-IV. La versión también obtuvo correlaciones altamente significativas con la lectura y la escritura y un nivel moderado de correlación con las funciones ejecutivas (memoria de trabajo y control inhibitorio). La versión B presenta débiles correlaciones con las calificaciones de lectura, escritura y funciones ejecutivas. Por lo tanto, las funciones ejecutivas parecen contribuir más específicamente con el proceso de aprendizaje matemático inicial. Se concluye que la subprueba Aritmética del TDE-II proporciona evidencia adecuada de validez convergente y se caracteriza por ser una herramienta potencial para la evaluación del rendimiento académico en la escuela y el contexto clínico. Esto sugiere nuevos estudios con niños con problemas de aprendizaje y otros trastornos del desarrollo neurológico en busca de una comprensión más exacta de la relación entre el desarrollo matemático y las funciones ejecutivas.

Palabras clave: Test de desempeño escolar, aritmética, teoría de respuesta al ítem, Neuropsicología Cognitiva, funciones ejecutivas.

#### Résumé

La relation entre les résultats et les mécanismes cognitifs école indiqué par la neuropsychologie peut aider à comprendre l'évaluation validité des domaines de l'éducation formelle. Cependant, cette interface reste pas entièrement exploré En ce qui concerne la capacité mathématique, linguistique et exécutif. Ainsi, la présente étude a pour but d'enquêter sur la validité convergente de l'Arithmétique subtest de l'école Test Performance - Second Edition (TDE-II), vers la relation entre les fonctions arithmétiques et exécutives (EF). Par conséquent, nous avons analysé les scores raffinés de subtests TDE-II (thêta scores) sur la base Item Response Theory (IRT). L'étude compte 111 élèves du primaire (ES), de la première à la neuvième année, la moitié des écoles publiques, appariés par sexe. Chaque échantillon comprenant 10 à 14 étudiants. Tant la version de Arithmétique subtest (de la première à la cinquième année d'ES) et B Version (de la sixième à neuvième année d'ES) ont été élevés en corrélation avec WISC-IV Arithmétique subtest. La version avait une forte corrélation à la lecture et l'écriture et la corrélation modérée avec EF mémoire de travail et le contrôle inhibiteur, tandis que la version B avait une faible corrélation avec la lecture, l'écriture et les scores de EF. Ainsi, EF semblent contribuer au processus d'apprentissage initial de l'apprentissage des mathématiques. Nous Conclure Que subtest Arithmétique de TDE-II a validité convergente appropriée et peut être utilisé comme une évaluation du rendement scolaire en contexte éducatif et clinique. Les études à venir avec des enfants ayant des troubles d'apprentissage et d'autres troubles neurodéveloppementaux peuvent contribuer à une vision plus précise de la relation entre le développement mathématique et exécutif.

Mots-clés: Ecole Achievement Test, Arithmétique, Item Response Theory, Cognitive Neuropsychology, fonctions exécutives.

#### Abstract

The relationship between school achievement and cognitive mechanisms stated by neuropsychology may help understanding assessment validity of formal education domains. However, this interface remains not fully explored regarding mathematical, linguistic and executive ability. Thus, the present study aimed to investigate convergent validity of Arithmetic Subtest from School Performance Test - Second Edition (TDE-II), towards the relationship between arithmetic and executive functions (EF). Therefore we analyzed the refined scores of TDE-II subtests (theta scores) based on Item Response Theory (IRT). A study comprising 111 elementary students (ES), from the first to the ninth year, half from public schools, paired by gender. Each sample comprising 10 to 14 students. Both A version of Arithmetic subtest (from first to fifth year of ES) and B Version ( from sixth to ninth year of ES) were high correlated to WISC-IV Arithmetic Subtest. A Version had high correlation to reading and writing and moderated correlation with EF working memory and inhibitory control, while version B had low correlation to Reading, writing and EF scores. Thus, EF appear to contribute with the initial learning process of mathematics learning. We conclude that Arithmetic Subtest from TDE-II has proper convergent validity and may be used as a school performance assessment in educational and clinical context. Future studies with children with learning disabilities and other neurodevelopmental disorders may contribute in a more accurate view of the relationship between mathematical and executive development.

Keywords: School Achievement Test, Arithmetic, Item Response Theory, Cognitive Neuropsychology, Executive Functions.

#### Introdução

O desempenho escolar em aritmética está relacionado a uma grande variedade de mecanismos cognitivos, tais como as funções executivas (FE) e as habilidades linguísticas (Haase, Costa, Antunes, & Alves, 2012). O conceito de FE é considerado um termo guarda-chuva (Chan, Shum, Touloupoulou, & Chen, 2008) que reúne uma série de componentes responsáveis pela realização de atividades complexas e com maior demanda de controle mental, de saída do “piloto automático”. Diamond (2013) destaca três componentes executivos, a memória de trabalho, o controle inibitório e a flexibilidade cognitiva.

A memória de trabalho possibilita manter a informação em mente e manipulá-la (Diamond, 2013). Esta habilidade é considerada um dos principais mecanismos cognitivos associados ao desempenho em matemática (Bull, & Lee, 2014), sendo muitas vezes, mais significativo que a inteligência para explicar a variância do desempenho escolar (Alloway & Alloway, 2010; Bull, & Lee, 2014). A memória de trabalho está associada, por exemplo, com a acurácia em adição de crianças dos anos iniciais da escola, possibilitando que a criança armazene e manipule o número a ser contado (Hassinger-Das, Jordan, Glutting, Irwin, & Dyson, 2014; Simmons, Willis, & Adams, 2012).

O componente inibitório é o responsável por inibir estímulos e controlar a atenção, comportamentos e emoções

(Diamond, 2013). Na área da matemática, habilidades de inibição possibilitam que estratégias imaturas ou impulsivas e informações irrelevantes sejam desconsideradas na resolução de uma tarefa. (Bull, & Lee, 2014; Hassinger-Das, *et al.*, 2014; Toll, Van der Ven, Kroesberg, & Van Luit, 2011). Além de auxiliar os mais jovens na escolha do fato aritmético a ser utilizado (Cragg, & Gilmore, 2014; Megías, & Macizo, 2015), ou seja, na escolha da operação matemática necessária para resolver um problema.

No que se refere à flexibilidade cognitiva, este componente permite a mudança de perspectiva e de diferentes estratégias para resolução de um problema (Diamond, 2013). A flexibilidade cognitiva é necessária na matemática para responder um conjunto de cálculos de diferentes operações matemáticas, as quais requerem diferentes estratégias de resolução (Bull, & Lee, 2014; Cragg, & Gilmore, 2014; Hassinger-Das, *et al.*, 2014; Toll, Van der Ven, Kroesberg, & Van Luit, 2011). A demanda das funções executivas, de forma geral, é defendida pelo modelo de processamento matemático de Menon (2010). O autor considera que as FEs são recrutadas em tarefas que exigem computações matemáticas complexas (por exemplo,  $635 \times 436$ ), as quais envolvem alternância de operações, memória de trabalho, atenção, processamento visuoespacial, acurácia e velocidade no raciocínio matemático (Menon, 2010).

Os modelos de processamento matemático consideram também os componentes linguísticos na compreensão e produção do número. Apesar de apresentarem explicações distintas a respeito do processamento matemático, os diferentes modelos não são excludentes, mas complementares. O Modelo da Rota Semântica (McCloskey, Caramazza, & Basili, 1985) considera um componente léxico que permite a compreensão e produção do número de forma arábica e verbal. Já Dahaene e Cohen (1995) propuseram o Modelo de Código Triplo. Neste modelo, o processamento numérico não exige, exclusivamente, capacidades semânticas, mas três diferentes códigos numéricos: o código auditivo-verbal, o código arábico visual e o código de magnitude analógica, que representa a noção de quantidade. Sendo assim, para esses autores, a acurácia de desempenho matemático depende da transcodificação entre códigos linguísticos, arábicos e de magnitudes (Dahaene, & Cohen, 1995).

Os componentes cognitivos linguísticos assumem um importante papel na aprendizagem e no desempenho escolar. Um déficit nuclear da linguagem, como o processamento fonológico, pode atingir tanto a aprendizagem da leitura e da escrita quanto da aritmética (Golbert & Salles, 2010; Moll, Snowling, Göbel, & Hulme, 2015). Correlações estatisticamente significativas foram encontradas entre leitura, aritmética e consciência fonológica em estudantes de 2º ano do Ensino Fundamental (EF) (Golbert & Salles, 2010). Encontraram-se também relações positivas entre compreensão leitora e o desempenho escolar em português e matemática de alunos dos anos finais do EF (de Oliveira, Boruchovith, & Santos, 2008).

No entanto, o estudo dos mecanismos cognitivos subjacentes às habilidades matemáticas é ainda bastante

recente quando comparado ao estudo dos processos de leitura e escrita e de sua relação com outros domínios da cognição humana (Bastos, 2006). No que se refere à avaliação das habilidades matemáticas, observa-se a ampla utilização de tarefas experimentais na literatura científica e uma grande carência de instrumentos que apresentam estudos de propriedades psicométricas e validação para a população brasileira. A investigação de validade das tarefas numéricas experimentais é realizada a partir de estudos de validade clínica (Geary, Bailey, & Hoard, 2009), validade preditiva (Jordan, Glutting, Ramineni & Watkins, 2010) ou ainda validade concorrente entre tarefas de diferentes domínios matemáticos (Clarke, & Shinn, 2004) e destes domínios com a memória de trabalho (Geary, Bailey, & Hoard, 2009). Encontrou-se três instrumentos validados e padronizados para a população brasileira: 1) o Subteste Aritmética das Escalas de Inteligência Wechsler para crianças – 4ª Edição (WISC-IV) (Rueda, Noronha, Sisto, Santos, & Castro, 2013), que apesar de não ter como objetivo principal a avaliação do raciocínio matemático, possibilita essa avaliação; 2) Prova de Aritmética (Dias, & Seabra, 2013) e; 3) Subteste Aritmética do TDE (Stein, 1994).

O Subteste Aritmética do WISC-IV foi validado em relação a variáveis: idade, rendimento acadêmico, avaliação dos professores e também obteve índices de validade concorrente com a Escala de Reconhecimento de Palavras (EREP) (Rueda *et al.*, 2013). Já a Prova de Aritmética (Dias, & Seabra, 2013) teve suas evidências de validade baseadas nas notas escolares dos participantes do estudo de validação.

O Subteste Aritmética do Teste de Desempenho Escolar (TDE) passou por um rigoroso processo de atualização, o qual visou adequar o Subteste para a realidade atual do ensino brasileiro e aprimorá-lo quanto suas propriedades psicométricas. Construiu-se um novo Subteste de Aritmética que irá compor o Teste de Desempenho Escolar – Segunda Edição (TDE-II). No estudo de construção do novo Subteste são apresentadas evidências de consistência interna e validade de construto baseadas na Teoria de Resposta ao Item (TRI) (Viapiana, Mendonça Filho, Giacomoni, Fonseca, & Stein, 2016). Entretanto, o Subteste Aritmética do TDE-II carece de estudos que reúnem diferentes evidências de validade, tais como de validade convergente, a qual busca relacionar os escores de um teste com outras mensurações do mesmo construto ou construtos similares e relacionados (American Education Research Association, American Psychological Association & Nacional Council on Measurement in Education, 2014; Pasquali, 2007).

Considera-se que, embora a Teoria de Resposta ao Item (TRI) tenha sido amplamente utilizada nas últimas décadas na elaboração de testes educacionais (Andrade, Laros, & Gouveia, 2010), são raros os estudos que utilizam os escores refinados da TRI para basear a avaliação e interpretação das habilidades dos testandos para estudos de validade. No Brasil, as provas do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico (SAEB) (Klein, 2003) e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) (Ferreira, 2009) utilizam a calibração de itens via TRI para analisar o desempenho dos estudantes. A calibração é realizada a partir

do nível de dificuldade dos itens, que por sua vez, representa a probabilidade de acerto, ou seja, nível de habilidade do sujeito, que é expressa em valor de *theta* (DeMars, 2010; Andrade, Laros, & Gouveia, 2010).

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo investigar evidências de validade convergente do Subteste Aritmética do TDE-II com um instrumento padrão ouro da avaliação aritmética e a partir de análises correlacionais do Subteste Aritmética com tarefas atencionais, executivas e linguísticas. Desta forma, uni duas importantes áreas da psicologia, a neuropsicologia cognitiva que compreende o estudo da associação e dissociação de componentes cognitivos (Seron, & Linden, 2010) e os pressupostos teórico-metodológicos da psicometria moderna, baseada na TRI.

## Método

### Amostra

Participaram deste estudo 123 estudantes de 1º a 9º ano do EF, selecionados aleatoriamente em 6 escolas (3 públicas e 3 privadas) da região metropolitana de Porto Alegre/RS. Onze alunos foram excluídos por terem obtido escores menores que 80 (indicando deficiência intelectual ou nível intelectual limítrofe) nas Escalas de Inteligência Wechsler Abreviada (WASI) (Trentini, Yates, & Heck, 2014) e dois estudantes por apresentar diagnósticos neurológicos (de acordo com um questionário respondido pelos pais e/ou responsáveis). Assim, a amostra final foi composta por 111 estudantes com idade média de 10 anos e 4 meses (DP=2,74). A amostra incluiu entre 10 a 14 estudantes por ano escolar, pareados em relação ao sexo, sendo metade de escola privada, isto é controlou-se a distribuição quanto ao sexo e tipo de escola.

### Instrumentos

*Questionário de fatores de saúde, sociodemográficos e culturais para avaliação neuropsicológica infantil* (Fonseca, Jacobson & Pureza, 2016): Este questionário foi respondido pelos pais e/ou responsáveis. O questionário é composto por perguntas fechadas que visam coletar informações sobre o nível socioeconômico e cultural e dados sobre a história de saúde das crianças, tais como a presença de diagnósticos clínicos. Neste estudo, o questionário foi utilizado como critério de inclusão na amostra. Excluiu-se da amostra crianças diagnosticadas com transtornos de ordem neurológica, como Epilepsia, Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade e Transtornos Específicos de Aprendizagem.

*Escala de Inteligência Wechsler Abreviada (WASI)* (Trentini, Yates, Heck 2014): Utilizou-se nesse estudo a versão breve da WASI, a qual possibilita a estimação do coeficiente intelectual (QI) a partir de dois subtestes, Vocabulário e Raciocínio Matricial. No Subteste Vocabulário o testando é solicitado a dar o significado de diferentes palavras. Desta forma, o subteste também possibilita a avaliação de habilidades cognitivas linguísticas e mnemônicas, como a quantidade/qualidade do vocabulário e o

acesso da memória semântica. Já, no Subteste Raciocínio Matricial o testando precisa completar uma figura-alvo com uma das alternativas que lhe são apresentadas, possibilitando a avaliação da percepção visuoespacial e raciocínio abstrato. Os resultados da WASI também foram utilizados como critério de inclusão no estudo, para compor a amostra os estudantes deveriam obter QI igual ou superior a 80.

*Subteste Aritmética Teste de Desempenho Escolar – Segunda Edição (TDE-II)* (Viapiana, et al., 2016): O Subteste Aritmética é composto por duas versões. A Versão A (Alfa de Cronbach = 0,95) reuni 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 radiciação. 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. Utilizou-se como critério de interrupção 6 erros consecutivos.

*Subteste Escrita do Teste de Desempenho Escolar – Segunda Edição (TDE-II)* (Athayde, Stein, Fonseca, Mendonça Filho, & Giacomoni, no prelo): Avalia a escrita de palavras isoladas. 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 do Subteste Escrita do TDE-II são compostas por 40 itens, os quais se diferem quanto ao nível de dificuldade das palavras a serem escritas. As normas e os padrões de aplicação e correção do Subteste Escrita estão em processo de construção. Neste estudo, a aplicação foi individual, sem tempo limite. Os itens foram avaliados de forma dicotômica (certo ou errado) e o critério de interrupção da aplicação do teste foi 10 erros consecutivos.

*Subteste Leitura Teste de Desempenho Escolar – Segunda Edição (TDE-II)* (Athayde, Giacomoni, Fonseca, Mendonça Filho, & Stein, no prelo): Avalia a leitura de palavras isoladas. Este Subteste também é composto por duas versões. A Versão A é composta por 36 itens (Alfa de Cronbach = 0,86) para avaliar estudantes de 1º a 4º ano. Já a Versão B reuni 33 itens (Alfa de Cronbach = 0,89) que avaliam estudantes de 5º a 9º ano. As duas versões do subteste se diferem quanto ao nível de dificuldade das palavras a serem lidas. 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 dicotômicas (certo ou errado) e o critério de interrupção da aplicação do teste foi 10 erros consecutivos.

*Subteste Aritmética das Escalas Wechsler de Inteligência para Crianças – Quarta Edição (WISC-IV)* (Rueda, et al., 2013): Avalia a resolução de problemas

matemáticos orais em crianças de 6 a 16 anos. Um problema matemático é lido pelo examinador, então o examinando tem trinta segundos para fornecer a resposta do problema oralmente. Não é permitido o uso de papel e caneta. O testando ganha um ponto para cada resposta correta, a aplicação é interrompida após 4 erros consecutivos. Este subteste do WISC-IV foi escolhido por possibilitar a validade convergente do Subteste Aritmética do TDE-II com um teste padrão ouro de avaliação do raciocínio aritmético.

*Subteste de Dígitos das Escalas Wechsler de Inteligência para Crianças – Terceira Edição (WISC-III)* (Figueiredo, 2002): Este teste possibilita uma ampla avaliação de componentes executivos. Caracteriza-se por uma tarefa de *span* de dígitos, na qual é solicitado que o examinando repita os dígitos pronunciados pelo examinando. Primeiro na mesma ordem em que ouviu, e posteriormente na ordem inversa ao do examinador. A primeira parte da tarefa avalia memória de curto prazo e atenção e a segunda memória de trabalho. Neste estudo, quatro escores foram derivados desta tarefa, o escore bruto total, o escore bruto da ordem direta, da ordem inversa e da ordem direta menos ordem inversa (Figueiredo, & Nascimento, 2007). O quarto escore indica uma medida de flexibilidade cognitiva, o escore de discrepância entre a evocação de números em ordem direta e inversa (Figueiredo, & Nascimento, 2007) foi normatizado para adultos, defendendo-se que escores de discrepância demandam flexibilidade cognitiva (Zimmermann, Cardoso, Trentini, Grassi-Oliveira, & Fonseca, 2015).

*Subteste Go - no Go - NEUPSILIN-INF* (Salles, et al., 2011): Este subteste avalia componentes das funções executivas, tais como automonitoramento, inibição, e flexibilidade cognitiva, além de atenção concentrada e seletiva auditiva. Uma gravação de áudio com 60 números aleatórios é apresentada à criança, que é orientada a falar “sim” cada vez que ouvir o número 8, mantendo-se em silêncio quando qualquer outro número for apresentado. O examinando pode cometer erros do tipo de omissão (não falar sim quando ouve um número que não é o 8) ou comissão (falar sim quando ouve o número 8). Neste estudo considerou-se o total de erros cometidos pelo participante.

*Subteste Memória Visuoespacial- NEUPSILIN-INF* (Salles, et al., 2011): O subteste Memória Visuoespacial se caracteriza como uma tarefa de *span* de memória de trabalho visuoespacial. O examinador aponta sequências progressivamente mais longas de quadrados, variando de 2 a 5. A criança é solicitada a reproduzir cada sequência apontada na ordem inversa, imediatamente após o modelo do examinador. A sequência inversa produzida pela criança é pontuada até ela cometer o primeiro erro. Por exemplo, se em uma sequência de 5 dígitos, a criança acerta os quatro primeiros dígitos ela receberá 4 pontos. Neste estudo, foi utilizado o escore bruto relativo à maior sequência respondida corretamente pelo examinando.

### Procedimentos

Os estudantes foram autorizados pelos pais e/ou responsáveis a participar deste estudo mediante o Termo de

Consentimento Livre e Esclarecido. Os pais responderam o questionário sócio demográfico e de aspectos de saúde, o qual foi utilizado para excluir da amostra crianças que apresentavam algum diagnóstico neurológico.

Cada estudante foi avaliado individualmente na escola, em horário de aula, de acordo com o consentimento da professora. Os estudantes responderam a uma bateria de avaliação neuropsicológica que incluía os instrumentos utilizados neste estudo. A aplicação foi realizada em dois encontros. Estabeleceu-se duas ordens de aplicação dos instrumentos que buscou evitar efeitos de fadiga, aprendizagem, bem como efeitos de interferência entre as tarefas. As tarefas no NEUPSILIN-INF foram aplicadas em estudantes de 1º a 7º ano do EF, considerando a faixa-etária para que o teste foi normatizado. Os estudantes de 8º e 9º ano foram excluídos das análises correlacionais do Subteste Aritmética com os subtestes do NEUPSILIN-INF.

### Análise de dados

No contexto da TRI é comumente utilizado a estimação do nível de habilidades e estimação ou calibração dos itens (Andrade, Laros, & Gouveia, 2010). Avalia-se para cada item qual o valor de *theta* exigido para a obtenção de 50% de acertos, fornecendo maior precisão aos escores dos testes (Nunes, & Primi, 2005). A calibração dos itens permite afirmar, por exemplo, que um aluno do 5º ano com habilidade 0.87 tem 50% de chances de acertar um item com dificuldade 0.87. Sujeitos que acertam o mesmo número de itens, mas itens diferentes, terão resultados diferenciados, levando à maior fidedignidade da avaliação (Andrade, Laros, & Gouveia, 2010). A TRI supõe que cada sujeito possui um nível de habilidade (*theta*) que o posiciona em uma escala de -3 a +3 (Pasquali, & Primi, 2003).

Nesta perspectiva, a análise de dados dos escores brutos dos três subtestes do TDE-II foram convertidos em escores *theta* via TRI. Desta forma, os itens do Subteste Aritmética foram calibrados a partir do modelo de dois parâmetros, o qual considera o nível de dificuldade e o poder de discriminação de um item (Andrade, Laros, & Gouveia, 2010). Para a calibração de itens utilizou-se os resultados de uma amostra de 302 estudantes de escolas públicas e privadas da região metropolitana de Porto Alegre/RS, participantes do estudo de construção do Subteste Aritmética do TDE-II (Viapiana, et al., 2016). Destes, 179 eram estudantes de 1º a 5º ano, respondentes da Versão A do Subteste, que apresentou nível de dificuldade dos itens foi de -3,31 a 0,94. Os outros 123 participantes eram estudantes de 6º a 9º ano, respondentes da Versão B do subteste que obteve nível de dificuldade dos itens entre -0,64 e 3,21 (Viapiana, et al., 2016).

Após a calibração dos itens, a partir dos padrões de respostas, estimou-se o nível de habilidades dos estudantes pelo do método de estimação Empirical Bayes, função *fator.scores.ltm* (Rizopoulos, 2006) do *Software R* (R Core Team, 2014). O mesmo procedimento foi realizado com os escores dos Subtestes de Leitura e Escrita do TDE-II. Entretanto, os escores do Subteste Escrita foram calibrados a partir de uma amostra inicial de 684 sujeitos participantes dos

estudos de construção deste subteste (380 estudantes de 1º a 4º ano, respondentes das Versão A, e 304 estudantes de 5º a 9º ano, respondentes da Versão B) (Athayde, Stein, *et al.*, no prelo). Já os escores do Subteste Leitura foi calibrado a partir de uma amostra de 661 participantes (374 estudantes de 1º a 4º ano, respondentes da Versão A e 287 estudantes de 5º a 9º ano, respondentes da Versão B) (Athayde, Giacomoni *et al.*, no prelo).

Posteriormente, os dados foram submetidos a análises descritivas e Correlações de Pearson, por meio do *software* estatístico SPSS. Para o cálculo das médias os sujeitos foram agrupados conforme o ano escolar e a versão do Subteste Aritmética respondida. Para a análise do desempenho da amostra nos demais instrumentos, que não o TDE-II, utilizaram-se seus respectivos escores brutos.

**Resultados**

O QI médio dos estudantes foi de 100,64 (DP=12,99), correspondente a média de acordo com as normas da WASI (Trentini, Yates, Heck, 2014). Os dados

descritivos do desempenho da amostra em todos os instrumentos são apresentados na Tabela 1. No que tange ao desempenho no Subteste Aritmética, na Versão A os estudantes obtiveram escores *theta* entre -2,46 e 0,88 (considera-se a escala de -3 a 3 proposta pela TRI). Na Versão B os escores *theta* variaram de -0,59 a 2,38. O Subteste Escrita obteve *theta* de -2,14 a 1,93 e -0,15 a 2,19 e o Subteste Leitura, -2,21 a 0,98 e -1,42 a 1,97, para Versão A e B, respectivamente. Os escores *theta* do TDE-II foram utilizados nas análises descritivas (Tabela 1).

As análises de correlação entre os três subtestes do TDE-II (Tabela 2) mostram a forte associação entre as versões A dos Subtestes de Leitura e Escrita com a Versão A do Aritmética e associações moderadas entre as Versões B dos Subtestes Leitura e Escrita com a Versão B do Subteste Aritmética. Os participantes do 5º ano do EF responderam a Versão A de Aritmética e a Versão B de Leitura e Escrita, a análise de relação entre estas versões mostraram níveis moderados de correlação.

Tabela 1. *Dados descritivos- Média (Desvio Padrão)*

Teste	1º a 4º	5º	6º a 9º	
	Idade	7,9(1,23)	10,7(0,74)	13,23(1,29)
TDE-II	Escrita	-0,09 (1,03)	-0,80 (0,55)	1,29(0,61)
	Aritmética	-0,92 (0,58)	0,30 (0,35)	0,77(0,72)
	Leitura	-0,17 (1,09)	-0,45 (0,74)	0,93 (0,65)
WASI	Vocabulário	30,23(10,90)		44,47(9,90)
	Raciocínio Matricial	18,00(6,09)		24,67(4,34)
WISC IV	Aritmética	18,04(5,20)		24,60(3,21)
Dígitos	Direta	6,30(1,50)		7,08(1,18)
	Inversa	3,78(1,35)		4,89(1,67)
	Direta - Inversa	2,52(1,58)		2,19(1,90)
	Total	10,09(2,39)		11,98(2,19)
NEUPSILIN-INF	Go-no-go	54,49(6,24)		57,26(2,81)
	MT Viso.	18,53(7,93)		23,59(3,15)

*Nota.* Estudantes de 5º ano responderam a Versão A do Subteste Aritmética e a Versão B dos Subtestes de Leitura e Escrita, de acordo com o indicado pelos estudos de construção dos subtestes do TDE-II (Athayde et al., no prelo; Athayde et al., no prelo, & Viapiana et al., 2016). Alunos de 8º e 9º ano não responderam as tarefas do NEUPSILIN-INF, as médias foram calculadas de 1º a 5º ano e posteriormente de 6º a 7º ano.

Tabela 2. *Correlações entre os subtestes do TDE-II*

Aritmética	Versão A		Versão B	
	Escrita	Leitura	Escrita	Leitura
Versão A (1º-4º)	0,77**	0,74**	-	-
Versão A (5º)	-	-	0,67*	0,82**
Versão B (6º-9º)	-	-	0,49**	0,31*

*Nota.* \* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01.

Associações moderadas a altas foram encontradas entre o Subteste Aritmética do TDE-II e o Subteste Vocabulário e Raciocínio Matricial da WASI. Os resultados indicam também uma forte associação entre o Subteste Aritmética do TDE-II e o Subteste Aritmética do WISC-IV. Os padrões correlacionais do Subteste Aritmética do TDE-II e as tarefas de FE variaram indicando associações fracas a moderadas, sendo que maiores magnitudes de com relação das tarefas executivas com a Versão A do Subteste Aritmética (Tabela 3).

Tabela 3. Correlações entre o Subteste Aritmética do TDE-II e tarefas neurocognitivas

Teste	Versão A	Versão B	
WASI	Vocabulário	0,80**	0,47**
	RM*	0,67**	0,40**
WISC IV	Aritmética	0,87**	0,70**
Dígitos	Direta	0,57**	0,36*
	Inversa	0,51**	0,28
	Dir-Inv*	0,10	0,27
	Total	0,64**	0,27
NEUPSILIN	Go-no-go	0,56**	0,21
	MT Viso.	0,64**	0,35

Nota. \*RM= raciocínio matricial, Dir-Inv= Direta – Inversa, \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ .

### Discussão

Este estudo fundamentou-se na união de duas importantes áreas da psicologia – psicometria e neuropsicologia cognitiva. Na primeira interface, a busca por evidências de validade convergente baseou-se em escores refinados via TRI, os quais otimizaram a precisão dos dados de desempenho nos subtestes do TDE-II. A TRI possibilita avaliar com mais precisão o traço latente (proficiência, expresso como *theta*) em comparação com a Teoria Clássica dos Testes (DeMars, 2010; Urbina, 2014), ou seja, fornece informações sobre a probabilidade de um paciente acertar um determinado item, a partir do seu nível de habilidade e não apenas os itens respondidos de forma correta ou errada no momento da testagem. Portanto, os escores *theta* do TDE-II apresentam uma estimativa do nível de habilidade dos estudantes, dentro de uma métrica de -3 a 3.

Já na intersecção com a neuropsicologia cognitiva, este estudo se norteou por hipóteses de relação entre habilidades aritméticas com as habilidades cognitivas executivas e linguísticas. Desta forma, além de investigar evidências de validade convergente do Subteste Aritmética do TDE-II com instrumentos neuropsicológicos, este estudo procurou basear a compreensão das relações entre habilidades matemáticas, de leitura e de escrita e de FE, contribuiu para o entendimento da cognição matemática ao longo do Ensino Fundamental à luz da neuropsicologia cognitiva.

Uma importante evidência de validade convergente foi encontrada a partir das altas magnitudes correlacionais entre os subtestes de aritmética do TDE-II e do WISC-IV (Versão A = 0,89 e Versão B = 0,70,  $p < 0,01$ ), o qual caracteriza-se como um instrumento padrão ouro de avaliação. Observa-se que mesmo apresentando diferentes modalidades de input, ou seja, auditivo verbal no caso do WISC-IV e visual no TDE-II, o que poderia causar uma dissociação de desempenho (Fonseca, Zimmermann, & Kochhann, 2015), as magnitudes de correlação se mantêm. Sendo assim, os altos coeficientes correlacionais podem ser justificados pela demanda atencional e de raciocínio lógico abstrato envolvido em ambas as tarefas. Essa hipótese é corroborada com os padrões de correlação moderada encontrada entre o Subteste Aritmética do TDE-II e o

Raciocínio Matricial da WASI, que também envolve a avaliação do raciocínio abstrato (Trentini, Yates, & Heck, 2014).

Por outro lado, a associação entre os subtestes do TDE-II, leitura, escrita e aritmética, pode ser entendida pelo fato do raciocínio numérico também envolver códigos verbais (Dahaene, & Cohen, 1995). Apesar do TDE-II caracterizar-se como um instrumento de avaliação breve da aprendizagem escolar, não possibilitando o diagnóstico de transtornos de aprendizagem, a investigação neurocognitiva das dificuldades de aprendizagem pode auxiliar na compreensão da relação entre as habilidades de leitura, escrita e aritmética. A literatura têm descrito a alta comorbidade entre dislexia e discalculia (Landerl, & Moll, 2010; Soares, & Patel, 2015), explicada pelo fato de ambos os transtornos de aprendizagem apresentarem dificuldades semelhantes no processamento cognitivo e linguístico, tais como no processamento fonológico (Iglesias-Sarmiento, & Deaño, 2011; Jordan, 2007; Silva, Moura, Wood, & Haase, 2015).

A relação entre FE e aprendizagem tem sido mais estudada no âmbito clínico das dificuldades e dos transtornos de leitura, escrita e/ou matemática. As crianças com dificuldades em matemática, mas que são boas leitoras, apresentam progressos mais rápidos em relação ao desempenho matemático do que crianças com comorbidade de leitura (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003). Estudos realizados com adultos encontraram que hábitos de leitura e escrita são preditores de funções executivas (Cotrena, Branco, Cardoso, Wong, & Fonseca, 2015) e podem compensar poucos anos de escolaridade no desempenho em tarefas cognitivas (Pawlowski, *et al.*, 2012). Desta forma, as habilidades de leitura e escrita parecem assumir um papel mediador para o desenvolvimento da competência aritmética, por meio da estimulação cognitiva contínua formando uma reserva cognitiva de mecanismos linguísticos recrutados para a execução das atividades numéricas.

Adicionalmente, os altos níveis de correlação do Subteste Aritmética com o Subteste Vocabulário da WASI fortalecem as evidências de que o desempenho em aritmética está relacionado com a aspectos da linguagem, e consequentemente à memória semântica. Tais resultados corroboram com o estudo de Durand, Hulme, Larkin, & Snowling (2005), o qual encontrou correlações moderadas (0,58,  $p < 0,01$ ) entre os escores de uma tarefa de matemática que envolvia escrita dos números e as quatro operações aritméticas e os escores de uma tarefa de vocabulário, na qual a criança deveria falar sinônimos de palavras. A correlação mais alta do Vocabulário com a Versão A pode ser entendida pelo fato desta versão envolver itens de contagem, reconhecimento de números e habilidades aritméticas iniciais, as quais são fortemente associadas com os aspectos verbais da cognição matemática (Butterworth, 2005).

O mesmo ocorreu em relação às tarefas de medidas executivas, a Versão A obteve maiores magnitudes de correlação com o Subteste Dígitos do WISC-III, Go-no go e Memória Visuoespacial do NEUPSILIN-IF. As FE apresentam pico de desenvolvimento entre os 6 e 8 anos (Diamond, 2013), idade em que as crianças iniciam a

aprendizagem formal da matemática. Esta aprendizagem é resultante da integração de fatores genéticos, mas também experienciais (Haase, *et al.*, 2012), como a idade e o tempo de educação formal (Dias, & Seabra 2013). Até o 5º ano do EF, o trabalho na escola é para que a criança introduza os conceitos aritméticos (Rodrigues, Guassi, & Ciasca, 2010). Parece, assim, que a maior demanda das FE nos respondentes da Versão A está mais relacionada à demanda de processos controlados rumo à automatização da abstração destes conceitos. Para que houvesse relações mais estreitas entre FE e os domínios matemáticos demandados na parte B do Subteste Aritmética, provavelmente paradigmas de FE mais avançados como de planejamento e de resolução de problemas complexos deveriam ser utilizados.

Os padrões correlacionais entre a Versão A e os escores do Dígitos e do Memória Visuoespacial corroboram os estudos que indicam a relação da habilidade aritmética com a memória de trabalho e seus componentes (Simmons, Willis, & Adams, 2012): executivo, visoespacial, fonológico (Haase, *et al.*, 2012; Purpura & Ganley, 2013; Simmons, Willis, & Adams, 2012) e inclusive o buffer episódico. A capacidade da memória de trabalho em processar tanto aspectos verbais quanto visoespaciais de uma informação mostra-se fundamental para o desempenho matemático. Tal capacidade é demandada, por exemplo, em tarefas de magnitudes numéricas, nas quais se supõe que as crianças geram e retêm uma representação visoespacial dos números em ordem para então acessá-los em formato verbal (Simmons, Willis, & Adams, 2012).

Esperava-se que a medida de flexibilidade cognitiva expressa pelo escore da Ordem Direta menos Inversa dos Dígitos correlacionasse com o escore do Subteste Aritmética do TDE-II. Isso porque a estrutura do teste mescla conteúdos aritméticos e exige diferentes procedimentos de cálculos. A flexibilidade cognitiva foi considerada essencial em um estudo do Trail Making Test, mostrando a demanda deste componente executivo em tarefas que alteram de processos atencionais mais automáticos para processos mais controlados, o mesmo que ocorre na realização do Dígitos (Sánchez-Cubillo, *et al.*, 2009). Parece que o fato do raciocínio matemático envolver grande demanda da atenção concentrada e processos atencionais controlados pode estar relacionado a baixa correlação do Subteste Aritmética com os escores da Ordem Direta-Inversa do Subteste Dígitos. Considera-se que apesar da baixa correlação, a Versão B apresentou magnitude um pouco maior de relação com este escore do que a Versão A, pois estudantes respondentes da Versão B já tem automatizado as habilidades necessárias para responder os primeiros itens do teste (os mais fáceis).

O componente inibitório (mensurado pelo Go – no go) obteve índices de correlação moderada (0,56,  $p < 0,01$ ). Esta relação está alinhada com os resultados de Oberle, & Schonert-Reichl (2013), o qual mostrou a associação do controle inibitório de crianças com suas notas escolares em matemática. No entanto, observa-se a falta de relação entre a Versão B e o controle inibitório, o que parece estar associado ao tipo de item que compõem a Versão B (cálculos que exigem conhecimentos de procedimentos matemáticos).

Assim, esta versão, recruta menos controle inibitório do que tarefas do início do processo de aprendizagem, as quais demandam inibição para a escolha do fato aritmético a ser utilizado (Cragg, & Gilmore, 2014; Megías, & Macizo, 2015). Provavelmente com a inclusão de problemas matemáticos complexos na Versão B aumentaria a demanda de atenção seletiva e consequentemente controle inibitório.

O estudo de construção do Subteste Aritmética do TDE-II (Viapiana, *et al.*, 2016) apresentou a demanda executiva como uma das hipóteses explicativas da divisão do subteste em duas versões, uma vez que cálculos complexos recrutariam mais funções executivas, como sugere o modelo de processamento de informação matemática proposto por Menon (2010). No entanto, tal hipótese não se confirmou no presente estudo. Sugere-se assim, que o benefício da utilização dos mecanismos executivos na resolução das tarefas matemáticas varia de acordo a idade e progresso escolar. Desta forma, com o passar do tempo há também a automatização das habilidades matemáticas (Hassingier-Das *et al.*, 2014), e os exercícios escolares demandam mais de aprendizagens procedurais, resultando na redução da demanda executiva (Simmons, Willis, & Adams, 2012), uma vez que as FE estão relacionadas a tarefas novas, complexas e que demandam controle mental (Diamond, 2013).

Apesar da demanda executiva estar associada ao desenvolvimento cognitivo e escolar dos estudantes, o fato das duas versões do Subteste Aritmética avaliarem conteúdos diferentes de aritmética limita a possibilidade de avaliar o contínuo de utilização de demanda cognitiva de acordo com a idade da criança. Sendo assim, é importante considerar uma segunda hipótese explicativa para os diferentes resultados encontrados em relação à Versão A e B do Subteste Aritmética. Esta hipótese se refere à diferença dos itens de uma versão para outra. As versões exigem conhecimentos de diferentes procedimentos matemáticos que podem por si só demandarem mais ou menos das funções executivas. Com base nesta segunda hipótese, considera-se que os itens da Versão B (cálculos aritméticos complexos) estão mais associados à exposição à aprendizagem e recordação ampla dos procedimentos de cálculos, do que os itens da Versão A (contagem, processamento numérico, operações aritméticas simples e noções de frações) que estão mais relacionados às demandas executivas. Desta forma, a competência aritmética dos estudantes dos anos finais do EF pode estar mais associado à influência de uma memória semântica e procedural específica para matemática do que funções executivas.

Algumas limitações devem ser consideradas neste estudo. Primeiramente, ressalta-se que as tarefas do NEUPSILIN-INF foram aplicadas apenas em uma parte dos respondentes da Versão B. Além disso, por se tratar de tarefas de rastreo cognitivo, formadas por poucos itens específicos de cada domínio, pode ter sido pouco sensível para avaliar estudantes dos anos finais do EF. Sugere-se então, que novos estudos analisem o desempenho em aritmética de adolescentes. Estudos futuros devem investigar evidências de validade de critério a partir da avaliação diferenças de tipo de escola, sexo e comparação com grupos clínicos. Sugere-se



ainda, a realização de escalonamento de itens com base na TRI (Primi, 2004), para analisar os mecanismos cognitivos subjacentes a cada conteúdo da aritmética escolar implicada nas duas versões do Subteste do TDE-II.

Avaliar detalhadamente e de forma precisa os níveis de habilidades cognitivas é uma grande contribuição que a psicometria moderna oferece para a área de avaliação neuropsicológica cognitiva (Reppold, *et al.*, 2015) e também educacional (Andrade, Laros, & Gouveia, 2010). O uso das teorias e técnicas psicométricas podem auxiliar na construção, comparação e refutação de modelos teóricos (Reppold, *et al.*, 2015), bem como oferecer evidências de validade, tão importante para instrumentos que baseiam o planejamento de atividades educacionais e de intervenções neuropsicológicas.

Sendo assim, o presente estudo contribui com o campo de intersecção da psicometria com a neuropsicologia cognitiva, e com o aprofundamento da compreensão acerca das conexões entre matemática e outros domínios cognitivos, em uma amostra brasileira. Os resultados apresentam importantes evidências de validade do Subteste Aritmética do TDE-II. Porém, mais que propriedades psicométricas, mostrou que o Subteste pode contribuir significativamente na avaliação do desempenho escolar realizada no contexto clínico e educacional, por suas relações com outras habilidades cognitivas e de aprendizagem, como as funções executivas, linguagem, leitura e escrita. Considera-se ainda, a relevância do presente estudo para a neuropsicologia clínica e escolar latinoamericana, por apresentar a avaliação do desempenho escolar e habilidades neurocognitivas em crianças de diferentes grupos socioculturais (escolas públicas e privadas) e por contribuir para futuros estudos sobre as dificuldades de aprendizagem.

### Referências

- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20-29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- American Education Research Association, American Psychological Association & Nacional Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. Washington: AERA, APA, NCME.
- Andrade, J. M. D., Laros, J. A., & Gouveia, V. V. (2010). O uso da teoria de resposta ao item em avaliações educacionais: diretrizes para pesquisadores. *Avaliação Psicológica*, 9(3), 421-435.
- Athayde, M. L., Giacomoni, C. H., Fonseca, R. P., Mendonça Filho, E. J., Stein, L. M., (no prelo) Desenvolvimento do Subteste Leitura do Teste de Desempenho Escolar II.
- Athayde, M. L., Stein, L. M., Fonseca, R. P., Mendonça Filho, E. J., & Giacomoni, C. H. (no prelo) Desenvolvimento do Subteste Escrita do Teste de Desempenho Escolar II.
- Bastos, J. A. (2006) Discalculia: transtorno específico da habilidade em matemática. In: Rotta, N. T., Ohlweiler, L. & Riesgo, R. S. (Eds), *Transtornos da Aprendizagem: Abordagem Neurobiológica e Multidisciplinar*. (pp. 195-206). Porto Alegre: Artmed.
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive Functioning and Mathematics Achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 34-41. doi: 10.1111/cdep.12059
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 46(1), 3-18. doi: 10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x
- Chan, R. C. K., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. H. (2008). Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201-216. doi: 10.1016/j.acn.2007.08.010.
- Clarke, B., & Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, 33, 234-248. Retirado de: [https://www.researchgate.net/profile/Ben\\_Clarke2/publication/262006279\\_A\\_preliminary\\_investigation\\_into\\_the\\_identification\\_and\\_development\\_of\\_early\\_mathematics\\_curriculum-based\\_measurement/links/549316250cf286fe3124cca5.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ben_Clarke2/publication/262006279_A_preliminary_investigation_into_the_identification_and_development_of_early_mathematics_curriculum-based_measurement/links/549316250cf286fe3124cca5.pdf)
- Cotrena, C., Branco, L. D., Cardoso, C. O., Wong, C. E.I., & Fonseca, R. P. (2015). The Predictive Impact of Biological and Sociocultural Factors on Executive Processing: The Role of Age, Education, and Frequency of Reading and Writing Habits. *Applied Neuropsychology: Adult*. doi: 10.1080/23279095.2015.1012760
- 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. doi:10.1016/j.tine.2013.12.001
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1(1), 83-120.
- DeMars, C. (2010). *Item Response Theory*. London: Oxford University Press.
- de Oliveira, K. L., Boruchovitch, E., & dos Santos, A. A. A. (2008). Leitura e desempenho escolar em português e matemática no ensino fundamental. *Paidéia*, 18(41), 531-540. doi: 10.1590/S0103-863X2008000300009
- Dias, N. M., Seabra, A. G. (2013). Competência aritmética sob a perspectiva do processamento da informação: compreensão, desenvolvimento e subsídios para a avaliação. In: Seabra, A. G., Dias, N. M. & Capovilla, F. C. (Eds.) *Avaliação Neuropsicológica Cognitiva: Leitura, escrita e aritmética* (pp. 76-84). São Paulo, Brasil: Memnon Edições Científicas.

- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Reviews Psychology*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R., & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7-to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2), 113-136. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.003
- Ferreira, F. F. G. (2009). *Escala de Proficiência para o ENEM utilizando a Teoria da Resposta ao item*. (Dissertação de Mestrado não publicada), Universidade Federal do Pará, Belém.
- Fonseca, Jacobson & Pureza (2016). O que um bom teste neuropsicológico deve ter. In: Salles J., Haase, V., & Malloy-Diniz, L. *Neuropsicologia do Desenvolvimento: Infância e adolescência*.
- Fonseca, R.P., Zimmermann, N., Kochhann, R. (2015) Avaliação neuropsicológica: bases para a interpretação quantitativa e qualitativa de desempenho. In: dos Santos, F. H., Andrade, V. M., & Bueno, O. F. A. *Neuropsicologia Hoje*. Poto Alegre: Artmed
- Figueiredo, V. L. M. (2002). *Escala de Inteligência Wechsler para crianças – WISC-III*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Figueiredo, V. L. M. de, & Nascimento, E. do (2007). Desempenhos nas duas tarefas do subteste dígitos do WISC-III e do WAIS-III. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 23(3), 313-318. doi: 10.1590/S0102-37722007000300010
- Geary, D. C., Bailey, D. H., & Hoard, M. K. (2009). Predicting mathematical achievement and mathematical learning disability with a simple screening tool the number sets test. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 265-279. doi:10.1177/0734282908330592
- Golbert, C. S., & Salles, J. F. D. (2010). Desempenho em leitura/escrita e em cálculos aritméticos em crianças de 2ª série. *Psicologia Escolar e Educacional*, 14(2), 203-210. doi: 10.1590/S1413-85572010000200003
- Haase, V. G., Costa, A. J., Antunes, A. M., & Alves, I. S. (2012). Heterogeneidade Cognitiva nas Dificuldades de Aprendizagem da Matemática: Uma Revisão Bibliográfica. *Psicologia em Pesquisa*, 6(2), 139-150. doi: 10.5327/Z1982-12472012000200007.
- Hassinger-Das, B., Jordan, N. C., Glutting, J., Irwin, C., & Dyson, N. (2014). Domain-general mediators of the relation between kindergarten number sense and first-grade mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 118, 78-92. doi: 10.1016/j.jecp.2013.09.008
- Iglesias-Sarmiento, V. & Deaño, M. (2011). Cognitive processing and mathematical achievement: a study with schoolchildren between fourth and sixth grade of primary education. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 570-583. doi: 10.1177/0022219411400749.
- Jordan, N. C. (2007). Do words count? Connections between mathematics and reading difficulties. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities*, (pp. 107-120), Baltimore, MA: Brookes.
- Jordan, N. C., Glutting, J., Ramineni, C., & Watkins, M. W. (2010). Validating a Number Sense Screening Tool for Use in Kindergarten and First Grade: Prediction of Mathematics Proficiency in Third Grade *School Psychology Review*, 39(2), 181-195. Retirado de: [https://www.researchgate.net/profile/Marley\\_Watkins/publication/258763474\\_Validating\\_a\\_number\\_sense\\_screening\\_tool\\_for\\_use\\_in\\_kindergarten\\_and\\_first\\_grade/Prediction\\_of\\_mathematics\\_proficiency\\_in\\_third\\_grade/links/54ad73050cf24aca1c6f5733.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marley_Watkins/publication/258763474_Validating_a_number_sense_screening_tool_for_use_in_kindergarten_and_first_grade/Prediction_of_mathematics_proficiency_in_third_grade/links/54ad73050cf24aca1c6f5733.pdf)
- Jordan, N. C., Hanich, L. B., Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child Development*, 74(3), 834-850. doi: 10.1111/1467-8624.00571.
- Klein, R. (2003). Utilização da Teoria de Resposta ao Item no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB). *Revista ENSAIO*, 40(11), 283-296. Retirado de: <file:///C:/Users/Vanisa/Desktop/TDE/saeb%20calibra%C3%A7%C3%A3o.pdf>
- Landerl, K. & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: prevalence and familial transmission. *Journal Child Psychology Psychiatry*, 51(3), 287-294. doi: 10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x.
- McCloskey M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive Mechanisms in Number Processing and Calculations: Evidence from Dyscalculia. *Brain and Cognition* 4, 171-196.
- Megías, P., & Macizo, P. (2015). Simple arithmetic development in school age: The coactivation and selection of arithmetic facts. *Journal of Experimental Child Psychology*, 138, 88-105. doi:10.1016/j.jecp.2015.04.010
- Menon, V. (2010). Developmental cognitive neuroscience of arithmetic: implications for learning and education. *Mathematics Education*, 42, 515-525. doi: 10.1007/s11858-010-0242-0
- Moll, K., Snowling, M. J., Göbel, S. M., & Hulme, C. (2015). Early language and executive skills predict variations in number and arithmetic skills in children at family-risk of dyslexia and typically developing controls. *Learning and Instruction*. 38, 53-62. doi:10.1016/j.learninstruc.2015.03.004
- Nunes, C. H. S. D. S., & Primi, R. (2005). Impacto do tamanho da amostra na calibração de itens e estimativa de escores por teoria de resposta ao item. *Avaliação Psicológica*, 4(2), 141-153. Retirado de: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712005000200006&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712005000200006&lng=pt&tlng=pt)

- Oberle, E., & Schonert-Reichl, K. A. (2013). Relations among peer acceptance, inhibitory control, and math achievement in early adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology, 34*(1), 45-51. doi:10.1016/j.appdev.2012.09.003
- Pasquali, L. (2007) Validade dos testes psicológicos: Será possível reencontrar o caminho?. *Psicologia: Teoria e Pesquisa, 23*(especial), 099-107.
- Pasquali, L., & Primi, R. (2003). Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI. *Avaliação Psicológica, 2*(2), 99-110. Retirado de: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712003000200002&lng=pt&tlng=es](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712003000200002&lng=pt&tlng=es)
- Pawlowski, J., Remor, E., Parente, M. A. D. M. P., de Salles, J. F., Fonseca, R. P., & Bandeira, D. R. (2012). The influence of reading and writing habits associated with education on the neuropsychological performance of Brazilian adults. *Reading and Writing, 25*(9), 2275-2289. doi: 10.1007/s11145-012-9357-8
- Primi, R. (2004). Avanços na interpretação de escalas com a aplicação da Teoria de Resposta ao Item. *Avaliação Psicológica, 3*(1), 53-58. Retirado de: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712004000100006&lng=pt&tlng=pt.%20](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712004000100006&lng=pt&tlng=pt.%20)
- 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*, 104-121. doi: 10.1016/j.jecp.2013.12.009
- R Core Team. (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Reppold, C. T., Gomes, C. M. A., Seabra, A. G., Muniz, M., Valentini, F., & Laros, J. A. (2015). Contribuições da psicometria para estudos em neuropsicologia cognitiva. *Psicologia: Teoria e Prática, 17* (2), 94-106. doi: 10.15348/1980-6906
- Rizopoulos, D. (2006). ltm: An R package for Latent Variable Modelling and Item Response Theory Analyses, *Journal of Statistical Software, 17*(5), 1-25. Retirado de: <http://www.jstatsoft.org/v17/i05/>
- Rodrigues, S. D., Guassi, A. R. & Ciasca, S. M. (2010) Avaliação do desempenho em matemática de crianças do 5º Ano do ensino fundamental estudo preliminar por meio do teste de habilidade matemática (THM). *Revista Psicopedagogia, 27* (83), 181-190.
- Rueda, F. J. M., Noronha, A. P. P., Sisto, F. F., Santos, A. A. A., & Castro, N. R. (2013). *Escala de Inteligência Wechsler para Crianças – WISC-IV*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Salles, J. F. D., Fonseca, R. P., Rodrigues, C. C., Mello, C. B. D., Barbosa, T., & Miranda, M. C. (2011). Desenvolvimento do instrumento de avaliação neuropsicológica breve infantil NEUPSILIN-INF. *PsicoUSF, 16*(3), 297-305.
- Sánchez-Cubillo, I., Periañez, J. A., Adrove-Roig, D., Rodríguez-Sánchez, J. M., Ríos-Lago, M., Tirapu, J., & Barceló, F. (2009). Construct validity of the Trail Making Test: Role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *Journal of the International Neuropsychological Society, 15*, 438-450.
- Seron, X., Linden, V. D. (2000). *Traité neuropsychologie clinique*. Marseille: Solal Éditeur.
- Soares, N., & Patel, D. R. (2015). Dyscalculia. *Internacional Journal Child Adolescent Health, 8*(1), 15-26.
- Silva, J. B. L., Moura, R. J. D., 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. doi: 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:10.1016/j.jecp.2011.08.011.
- Stein, L. M. (1994). *TDE - Teste de Desempenho Escolar: manual para aplicação e interpretação*. São Paulo, SP: Casa do Psicólogo.
- Toll, S. W., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 44*(6), 521-532. doi:10.1177/0022219410387302.
- Trentini, C. M., Yates, D. B., & Heck, V. S. (2014). *Escala Wechsler Abreviada de Inteligência – WASI – Manual*. São Paulo: Casa do Psicólogo
- Viapiana, V. F., Mendonça Filho, E., J., Giacomoni, C. H., Fonseca, R. P., & Stein, L. M. (2016). Development of the Arithmetic Subtest of the School Achievement Test – Second Edition. *Reflexão e Crítica, 29*(1), 1-10. doi: 10.1186/s4115501600455
- Urbina, S. (2014). *Essentials of psychological testing*. (2nd ed.). New Jersey: Wiley.
- Zimmerman, N., Cardodo, C., Trentini, C., Grassi-Oliveira, R., & Fonseca, R. P. (2015). Brazilian preliminary norms and investigation of age and education effects on the Modified Wisconsin Card Sorting Test, Stroop Color and Word test and Digit Span test in adults. *Dementia & Neuropsychology, 9* (2), 120-127. doi: 10.1590/1980-57642015DN92000006.