

DISCALCULIA NA SÍNDROME DE WILLIAMS-BEUREN: PREJUÍZOS AO CÁLCULO

Dyscalculia in Williams-Beuren Syndrome: damage to calculation

Fábio Colins¹

Resumo: Este artigo tem como objetivo analisar os prejuízos causados pela discalculia às habilidades matemáticas inerentes à evocação de fatos aritméticos. Para isso, foi desenvolvida uma pesquisa de natureza qualitativa e do tipo estudo de caso. O contexto da investigação foi uma escola pública de ensino médio da rede estadual de ensino, localizada no município de Castanhal-PA. O participante foi um estudante adulto com Síndrome de Williams-Beuren que recebia Atendimento Educacional Especializado. O projeto de pesquisa atendeu aos aspectos da ética em pesquisa, pois foi submetido e aprovado pelo comitê de ética e o participante concordou, espontaneamente, com o cumprimento das etapas do estudo. Para a construção das informações, foi aplicado um teste, protocolo PROMAT, que avaliou as habilidades matemáticas relacionadas ao domínio do cálculo, sobretudo, com tarefas de evocação de fatos aritméticos. Os resultados foram analisados conforme o método bardiniano de análise de conteúdo. As evidências apontaram baixo rendimento do estudante em todas as operações fundamentais da matemática, por exemplo, em multiplicação e divisão, o estudante errou todos os itens propostos. Isso possibilitou inferir que a discalculia, proveniente da Síndrome de Williams-Beuren, compromete o neurodesenvolvimento da Cognição Numérica.

Palavras-chave: Discalculia, Educação Matemática, Inclusão, Neurociência.

Abstract: *This article aims to analyze the damage caused by dyscalculia to the mathematical skills inherent in the evocation of arithmetic facts. For this, a research of a qualitative nature and of the case study type was developed. The context of the investigation was a public high school of the state education network, located in the municipality of Castanhal-PA. The participant was an adult student with Williams-Beuren Syndrome who received Specialized Educational Services. The research project complied with aspects of research ethics, as it was submitted and approved by the ethics committee and the participant spontaneously agreed to comply with the study stages. For the construction of the information, a test was applied, PROMAT protocol, which evaluated the mathematical abilities related to the domain of the calculation, mainly, with tasks of evocation of arithmetic facts. The results were analyzed according to the Bardinian method of content analysis. The evidence pointed to low student performance in all fundamental mathematical operations, for example, in multiplication and division, the student made mistakes in all the proposed items. This made it possible to infer that dyscalculia, originating from the Williams-Beuren Syndrome, compromises the neurodevelopment of Numerical Cognition.*

Keywords: *Dyscalculia, Mathematics Education, Inclusion, Neuroscience.*

¹ Doutor em Educação em Ciências e Matemática pela UFPA. Email: fabiocolins@ufpa.br

1. Introdução

A neurociência cognitiva trata-se de uma área de investigação que estuda “os mecanismos dos sistemas neurais mais complexos, associados às funções mentais superiores tais como a linguagem, a memória, a atenção e as representações mentais” (Fiori, 2006, p. 14). Desse modo, esta pesquisa considera que os cursos de formação de professores que ensinam matemática deveriam abordar temas neurocientíficos relacionados à aprendizagem matemática, sobretudo, o caso dos transtornos específicos da cognição numérica.

Nesse contexto, parte-se do pressuposto de que as evidências da neurociência cognitiva contribuem para a organização do trabalho pedagógico e de intervenções que possam amenizar os prejuízos causados pela discalculia. Segundo Kaufmann e Von Aster (2012), a discalculia trata-se de um transtorno específico da aprendizagem matemática que causa prejuízos aos domínios da cognição numérica, ou seja, ao senso numérico, ao processamento numérico e ao cálculo. Desse modo, este artigo tem como objetivo analisar os prejuízos causados pela discalculia às habilidades inerentes à evocação de fatos aritméticos.

Este texto é um recorte de uma pesquisa de doutorado que teve como objetivo investigar o efeito do Treino Computadorizado de Habilidades matemáticas sobre o desenvolvimento da Cognição Numérica em um estudante adulto com Síndrome de Williams-Beuren. Em termos metodológicos, trata-se de uma investigação de natureza qualitativa e do tipo estudo de caso único. O participante da pesquisa foi um estudante com Síndrome de Williams-Beuren, isto é, uma doença rara que compromete o desenvolvimento neurocognitivo da aprendizagem matemática e a ocorrência é de 1/20.000 crianças nascidas vivas (Robinson; Temple, 2015).

As informações foram construídas a partir de uma avaliação neurocognitiva realizada com o protocolo avaliativo da Cognição Numérica, ou seja, o teste de desempenho das habilidades matemáticas PROMAT, de uso não restrito a psicólogos e a neurocientistas. Esse instrumento possibilita identificar os estudantes com discalculia. Desse modo, os resultados da pesquisa foram analisados por meio do método de análise de conteúdo (Bardin, 2011).

Sobre os aspectos éticos da pesquisa, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará e aprovado conforme o parecer nº 2.624.998. Além disso, foi solicitado que o estudante assinasse o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Esses documentos foram necessários para garantir a segurança e o anonimato do participante.

Os resultados da pesquisa indicaram os principais prejuízos causados pela discalculia às habilidades do cálculo, principalmente, nas tarefas de evocação de fatos aritméticos básicos. Dentre os prejuízos, o protocolo PROMAT evidenciou maiores erros nas tarefas de multiplicação e de divisão, apesar de na adição e na subtração o rendimento do participante não ultrapassou 10% de êxito. Essas evidências, segundo a

pesquisa, podem contribuir para reorganização das propostas de formação inicial e continuada de professores que ensinam matemática.

2. Aspectos Neurocognitivos da Discalculia

O que acontece quando após anos de escolarização um aluno não consegue desenvolver as habilidades matemáticas? Quais fatores contribuem para essa não aprendizagem? Esses e outros questionamentos perpassam por essa investigação, porém, são diversas as terminologias dadas para se referir às pessoas com baixo rendimento aritmético e ainda não existe uma classificação universal, embora haja na literatura diversas propostas. Assim, nesta pesquisa foi utilizado o termo discalculia como sinônimo de Dificuldade Aritmética (DA).

Para Bastos (2016) a discalculia compromete as funções cerebrais complexas como o processamento verbal ou gráfico da informação matemática, percepção visuoespacial, reconhecimento e produção de números, representação numérica simbólica e não simbólica e fatos aritméticos básicos. Portanto, para o autor

[...] a discalculia é uma dificuldade em aprender matemática, com falhas para adquirir adequada proficiência nesse domínio cognitivo, a despeito de inteligência normal, oportunidade escolar, estabilidade emocional e necessária motivação. Cerca de 3% a 6% das crianças com idade escolar tem discalculia (Bastos, 2016, p. 181).

Segundo Bastos (2016), esse transtorno específico da aprendizagem matemática também é ocasionado por disfunções neurocognitivas nos dois hemisférios cerebrais. Um dos prejuízos consiste na incapacidade em conceituar quantidades numéricas mesmo que reconhecendo os símbolos numéricos.

Para Kaufmann e Von Aster (2012), a discalculia é definida como dificuldade em adquirir habilidades aritméticas básicas e que não é ocasionada por baixa inteligência ou escolarização inadequada. Os autores afirmam que cerca de 5% dos alunos dos anos iniciais de escolarização apresentam condutas típicas da discalculia. No entanto, destaca a importância de ações de intervenção, pois os prejuízos da discalculia podem ser compensados.

Os autores alertam para o fato de que muitas crianças e adolescentes com discalculia apresentam a disfunção da Cognição Numérica associada com o comprometimento da memória de trabalho e de habilidades visuoespaciais. Além disso, cerca de 20% a 60% das pessoas com discalculia têm outras comorbidades relacionadas, por exemplo, a dislexia ou transtorno de déficit de atenção (Kaufmann; Von Aster, 2012).

Os pesquisadores destacam a importância do diagnóstico e do tratamento precoce. “A identificação precoce e o tratamento da discalculia são muito importantes em vista de sua associação frequente com outros transtornos específicos da aprendizagem e do comportamento” (Kaufmann; Von Aster, 2012, p. 770). As pessoas com a discalculia necessitam de uma avaliação diagnóstica completa, neuropsicologicamente orientada, que tenha em conta a complexidade da discalculia e os seus múltiplos fenótipos,

podendo assim fornecer uma base para o planejamento da intervenção eficaz, seja ela clínica ou educacional.

Para Wilson *et al.* (2006), a discalculia consiste em uma desordem das habilidades matemáticas que se presume oriundas de comprometimento específico em diversas funções cerebrais responsáveis pela numerosidade. Os autores afirmam que a discalculia se assemelha com as disfunções da lectoescrita, ou seja, a dislexia.

Os pesquisadores afirmam que as pessoas acometidas pela discalculia apresentam atraso precoce na compreensão de alguns aspectos da contagem, na adição de parcelas simples ($4 + 5$) e *déficits* persistentes em memorizar e recordar fatos aritméticos básicos, por exemplo, $3 + 7$ ou 4×5 (Wilson *et al.*, 2006). As causas da discalculia podem ser ocasionadas por disfunções genéticas (síndrome de Turner e síndrome de X frágil, por exemplo), assim como fatores como consumo alcoólico durante a gravidez.

A discalculia também pode ser combinada com outras comorbidades, tais como dislexia, epilepsia e Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH). A figura 1 ilustra a classificação das dificuldades em matemática, seja por questões neurológicas ou não.

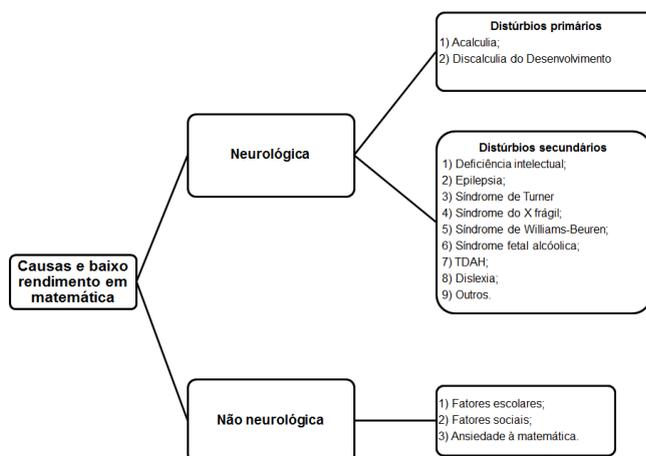


Figura 1 – Classificação das Dificuldades de Aprendizagem Matemática

Fonte: Adaptado de Bastos, 2016.

A discalculia ou dificuldade aritmética é uma dificuldade em aprender matemática, com falhas no desenvolvimento da Cognição Numérica. Porém, a pessoa com discalculia desenvolve habilidades em outras áreas do conhecimento (Bastos, 2016).

As principais dificuldades são: erro na formação de números, que geralmente ficam escritos em forma escalonada; inabilidade para efetuar cálculos simples, como $19 - 11$; dificuldade para evocar fatos aritméticos básicos; limitação na transcodificação numérica, inabilidade para reconhecer sinais operacionais e para usar separações

lineares, dificuldade para ler números com multidígitos, ordenação e espaçamento inapropriado dos números em multiplicações e divisões etc. (Bastos, 2016).

Sobre a discalculia na SW, pesquisadores brasileiros têm desenvolvido estudos sobre a dificuldade aritmética em casos de disfunções genéticas. Para Haase, Júlio-Costa e Santos (2015, p. 164),

[...] as investigações com neuroimagem estrutural mostram comprometimento bilateral das áreas parietais envolvidas no processamento numérico em diversas síndromes genéticas, tais como a síndrome de sítio frágil no cromossomo X, a síndrome de Williams, a síndrome de Turner e a síndrome velocardiofacial.

Essas síndromes genéticas carregam a discalculia como uma das características dos aspectos cognitivos comprometidos. Para Kaufmann *et al.* (2009) a discalculia é uma dificuldade de cálculo severa, apesar do sujeito apresentar capacidade intelectual média e bom nível de escolarização. No entanto, a discalculia não é uma disfunção da Cognição Numérica única, mas pode apresentar distintos perfis de desempenho matemático. Para os autores, a disfunção do processamento de magnitude numérica pode ser o *déficit* cognitivo principal da discalculia.

Conforme Kaufmann *et al.* (2009), a discalculia na SW compromete as estruturas parietais onde estão situados os sulcos intraparietais bilaterais e o giro angular esquerdo. Essas regiões cerebrais estão relacionadas com o processamento de números, a magnitude numérica, a linha numérica mental, a comparação de quantidades não simbólicas, o processamento verbal de número e a recuperação de fatos aritméticos básicos. Essas áreas cerebrais prejudicadas pela discalculia podem ser visualizadas na figura 2.

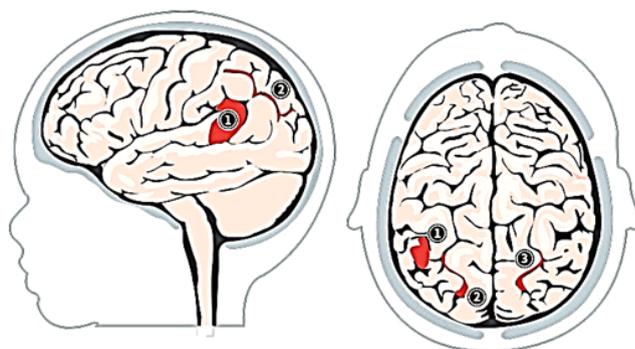


Figura 2 – Lobo Parietal responsável pelo processamento de números.

Fonte: adaptado de Vanbinst, Ansari e Lagae, 2015.

O giro angular esquerdo (1) geralmente é afetado pela discalculia. Assim, uma simples pergunta do tipo: *Quem é maior 2 ou 3?* pode gerar dificuldade para uma pessoa com SW. Outras habilidades podem ser prejudicadas, tais como recuperar rapidamente fatos aritméticos e mapear quantidades de objetos.

O sulco intraparietal esquerdo (2) e o sulco intraparietal direito (3) que são responsáveis pela execução de algoritmos aritméticos estão relacionados com a SW. Tarefas de cálculo e de comparação de quantidades de elementos pertencentes a dois conjuntos distintos são difíceis de serem realizadas por pessoas com diagnóstico de discalculia.

Haase, Júlio-Costa e Santos (2015) afirmam que as tarefas de cálculo (adição, subtração e multiplicação) recrutam áreas dos lobos parietais (superior e inferior) e pré-frontais diferentes. Por exemplo, para adição são as regiões do hemisfério esquerdo; para subtração pode ocorrer tanto ativações do lado esquerdo quanto bilateral; e para a multiplicação prevalece a ativação hemisférica direita. No caso das pessoas com SW, essas áreas são prejudicadas pela síndrome, por isso apresentam dificuldades em cálculos.

Para Luculano *et al* (2015) a discalculia compromete outras áreas cerebrais distintas do córtex parietal. Para os pesquisadores, por meio de estudo de neuroimagem, apontam prejuízos matemáticos em áreas múltiplas. Por exemplo, dificuldades no julgamento visual e reconhecimento de símbolos arábicos são acometidos por causa de disfunções neurocognitivas em regiões do córtex temporal-occipital ventral, assim como as funções de atenção e memória de trabalho recrutadas em regiões de controle frontoparietal.

Geary (2009) classificou a discalculia em três tipos: a discalculia processual devido uma disfunção executiva e caracterizada por um atraso no desenvolvimento da aquisição de procedimentos de contagem e estratégias para resolver problemas aritméticos simples; a discalculia de memória semântica ocasionada pela disfunção da memória verbal e caracterizada por erros de recuperação de fatos aritméticos básicos. Este tipo de discalculia está diretamente relacionado ao transtorno específico da aprendizagem da lectoescrita (dislexia); por fim, a discalculia visuoespacial.

Em um estudo de revisão, Santos (2017) classifica a discalculia em dois grupos: discalculia primária e discalculia secundária. Para a autora, a discalculia primária ou pura é caracterizada pelo *déficit* exclusivo no sistema da cognição numérica, mesmo o aluno apresentando desenvolvimento cognitivo regular nas outras áreas do conhecimento e ter recebido ensino adequado para sua idade cronológica. “A discalculia do desenvolvimento (DD) primária, por vezes referida como pura ou isolada, constitui-se da minoria de casos de DD, com uma prevalência entre 1% e 2% em crianças escolares” (Santos, 2017, p. 75). Dessa forma, a partir de Bastos (2006), poderíamos afirmar que a discalculia pura está associada a fatores neurológicos de aspectos primários, como a acalculia.

No caso da discalculia secundária é “quando as disfunções em numerosidade são suficientemente graves para constituir um diagnóstico de DD e, no entanto, estão acompanhadas de déficits cognitivos não numéricos igualmente graves ou outros transtornos” (Santos, 2017, p. 76). Nesse caso, distúrbios secundários, como a síndrome de Williams, podem ser incluídos no quadro de discalculia secundária.

Santos (2017) relata um caso de discalculia associada à dislexia. Nesse estudo, as crianças com dislexia apresentaram disfunções no código numérico verbal, em contraste, as habilidades referentes à compreensão aritmética não foram prejudicadas mostrando a forte relação entre leitura e matemática.

A discalculia afeta as habilidades de resolução de problemas matemáticos, pois a memória de trabalho, a velocidade de processamento e o funcionamento executivo são comprometidos por causa do transtorno (Weinstein, 2016). Para a autora, as pessoas com discalculia apresentam dificuldades acentuadas para realizar leitura de horas, pois as estratégias de procedimento e de evocação necessárias para leitura de horas fracionadas são prejudicadas.

Uma característica típica da discalculia na síndrome de Williams está relacionada ao processamento de fatos numéricos ou evocação de fatos básicos aritméticos. Assim, apresentam inabilidade em recuperar fatos aritméticos entre dois fatores menores que dez, pois não conseguiram desenvolver métodos eficientes e precisos para calcular e recorrem à contagem nos dedos e rabiscos em folha de papel (Weinstein, 2016).

Em um estudo de neuroimagem realizado por Cho (2011) e seus colaboradores, mostraram que áreas do córtex pré-frontal (evocação de informações) do hipocampo (formação de memória de longo prazo) e do córtex parietal (representação de magnitude numérica) são recrutadas quando os sujeitos são colocados diante de problemas simples de adição. Isso mostra que podem existir distintas evocações de fatos aritméticos e que áreas cerebrais distintas podem ser ativadas para compensar as demais comprometidas pela discalculia.

Os pesquisadores da discalculia (Geary, 2009; Bastos, 2006; Cho, 2011; Kaufmann, Von Aster, 2012; Weinstein, 2016; Santos, 2017;) afirmam que o transtorno da aprendizagem matemática e da lectoescrita são distúrbios comuns que acometem as crianças em princípio de escolarização. Essa realidade faz com que os alunos tenham atitudes negativas em relação à matemática, o que por sua vez, podem desenvolver ansiedade à matemática ou fobia escolar generalizada. A discalculia acompanha a pessoa por toda sua vida e pode prejudicar duradouramente o desenvolvimento da personalidade e da vida profissional.

Para Kaufmann e Von Aster (2012), a discalculia também é uma questão econômica, pois os adultos com disfunções na Cognição Numérica sofrem grande desvantagens no mercado de trabalho. Por isso, os autores sugerem o tratamento precoce da discalculia, ou seja, que na escola, desde a Educação Infantil, os professores e os psicopedagogos fiquem atentos para as dificuldades acentuadas nas habilidades matemáticas, pois isso pode ser sinal de um possível transtorno específico da aprendizagem matemática, no entanto, precisam ter cautela para que não rotulem os alunos como deficientes.

Por fim, mesmo com diversos estudos sobre a discalculia seu diagnóstico não é simples e realizado somente por marcadores biológicos, por esse motivo, as pesquisas dependem também de critérios comportamentais. Para Kaufmann *et al.* (2009), os

transtornos específicos da aprendizagem são disfunções do neurodesenvolvimento de origem biológica e com sinais comportamentais. Para a autora, esses sinais comportamentais se expandem consideravelmente além dos problemas de ensino-aprendizagem da matemática, relacionando-se às disfunções da Cognição Numérica.

3. Metodologia da Pesquisa

Esta pesquisa de natureza qualitativa encontra-se situada na interface entre a Neurociência Cognitiva e a Educação Matemática, pois não foi adotada uma postura investigativa puramente disciplinar, isto é, “fechada em um corpo e características próprias, conhecimento especializado de valores, de informação, de interpretação” (Gonçalves-Maia, 2011, p. 205), pois partiu-se do pressuposto de que a ciência é também interdisciplinar.

A produção do conhecimento científico deu-se na interface dos estudos da Neurociência Cognitiva e da Educação Matemática, pois foi no confronto entre essas áreas de investigação que emergiram novas informações que se articularam para que fosse possível compreender melhor os aspectos neurocognitivos relacionados à discalculia causada pela síndrome de Williams-Beuren.

O tema investigado, discalculia na Síndrome de Williams-Beuren, sustentou-se nas pesquisas da neurociência, pois no âmbito das pesquisas em Educação ou Educação Matemática não foi encontrado nenhum estudo dessa natureza. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Pessoal de Nível Superior (Capes). Diante da escassez de pesquisas no âmbito da Educação Matemática que tratassem sobre aprendizagem de pessoas com síndrome de Williams-Beuren na perspectiva da Neurociência Cognitiva fez-se necessário recorrer às plataformas de pesquisas da neurociência, tais como a Medline (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*) e a Pubmed (*Medical Publications*). A Medline é um sistema de busca de literatura médica e sua base de dados bibliográficos está vinculada à biblioteca nacional de medicina dos Estados Unidos da América. A Pubmed é uma plataforma que possibilita pesquisar estudos de literatura biomédica citados em revistas e livros. Abrange temas relacionados à Neurociência Cognitiva, neurociência comportamental, bioquímica e bioengenharia.

Outro aspecto da fronteira epistemológica entre a Neurociência Cognitiva e a Educação Matemática é o método de pesquisa Estudo de Caso Único (Yin, 2015). Esse método facilitou compreender melhor os prejuízos causados pela síndrome de Williams-Beuren ao desenvolvimento da Cognição Numérica do aluno investigado. Possibilitou um aprofundamento no estudo das habilidades matemáticas envolvidas (senso numérico, processamento numérico e cálculo) a fim de buscar fundamentos e explicações para o modelo teórico da Cognição Numérica adotado na pesquisa.

Adotou-se o Estudo de Caso Único por se tratar de uma síndrome rara. Dessa forma, a estratégia metodológica adotada possibilitou explorar, descrever e interpretar com mais solidez as informações construídas no decorrer da pesquisa. Para Yin (2015, p.

17) o estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno (o caso) em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes”. Sobre o Estudo de Caso Único, o autor aborda cinco justificativas para esse tipo de projeto de pesquisa: selecionar um caso raro ou crítico; precisa ser peculiar, ou seja, próprio de uma pessoa; precisa haver outros casos comuns; precisa ser revelador; precisa ser longitudinal. Portanto, o caso investigado apresentou elementos necessários para justificar um estudo dessa natureza.

Sobre os aspectos éticos da pesquisa, o projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética na Pesquisa (CEP) do Instituto de Ciências da Saúde (ICS) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Portanto, todos os procedimentos metodológicos do estudo foram aprovados pelo CEP, conforme parecer nº 2.624.998. Além da aprovação do CEP, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi assinado pela responsável do estudante investigado.

O estudo foi realizado em uma escola da rede estadual de ensino de Castanhal-PA. Um dos espaços pedagógicos, a sala de recursos multifuncionais, foi utilizada como *locus* da pesquisa. A escolha desse contexto se deu devido o pesquisador exercer a função de professor da Educação Especial neste estabelecimento de ensino e atuar como docente do participante da pesquisa na sala de recursos multifuncionais.

O participante da pesquisa estava matriculado no 7º ano do Ensino Fundamental e frequentava o espaço da Educação Especial desde março de 2016, quando se deram os primeiros contatos com o pesquisador. Ele recebia regularmente Atendimento Educacional Especializado (AEE), um serviço ofertado nas salas de recursos multifuncionais, até três vezes por semana. Cada encontro no AEE durava em média 2 horas e 30 minutos.

Para avaliar os prejuízos causados pela discalculia ao estudante investigado, utilizou-se de um instrumento de avaliação das habilidades matemáticas chamado de PROMAT, ou seja, um roteiro de sondagem das habilidades matemáticas relacionadas à Cognição Numérica. Esse instrumento avaliativo foi criado para avaliar os transtornos específicos da aprendizagem matemática, isto é, um instrumento de rastreio da discalculia. Essa avaliação possibilita verificar as habilidades relacionadas ao senso numérico, processamento numérico e cálculo, para que seja possível estabelecer um perfil cognitivo do aluno.

As informações construídas no decorrer da pesquisa foram analisadas por meio da metodologia de Análise de Conteúdo (Bardin, 2011). Os dados foram organizados em tabelas e gráficos referentes ao rendimento do participante nos distintos domínios da Cognição Numérica, conforme discutir-se-á na seção a seguir.

4. Resultados e Discussões

O participante foi submetido aos aspectos avaliativos do PROMAT, pois foi sondado o neurodesenvolvimento das habilidades matemáticas referentes à CogN. Além

disso, foi possível identificar as habilidades numéricas comprometidas pela discalculia e verificar a defasagem do desenvolvimento neurocognitivo do senso numérico, do processamento numérico e do cálculo, ou seja, as estruturas funcionais que compõem a CogN. Dessa forma, a pesquisa apontou indicadores do transtorno específico da aprendizagem da matemática causados pela disfunção neurocognitiva.

A pesquisa apresentou evidências de prejuízo nos três domínios da CogN: Senso Numérico (habilidades relacionadas à subitização e à estimativa), Processamento Numérico (habilidades envolvidas na produção numérica e compreensão de números) e Cálculo (abrange os fatos aritméticos relacionados às operações de adição, subtração, multiplicação e divisão). No entanto, neste texto será discutido os prejuízos causados pela discalculia relacionados ao cálculo.

Na aplicação do PROMAT, o participante resolveu 40 testes de cálculo, sendo 10 testes para cada operação (adição, subtração, multiplicação e divisão). Os resultados apontaram dois acertos nos testes de adição, um acerto no teste de subtração e nenhum acerto nos testes de multiplicação e divisão. As operações apresentavam nível de complexidade relacionado às séries de 1º ao 5º anos do Ensino Fundamental.

O participante foi submetido aos testes de evocação de fatos aritméticos básicos, ou seja, habilidades relacionadas ao domínio do Cálculo. Na presente pesquisa, fatos aritméticos básicos são compreendidos como “todas as combinações de adição, subtração, multiplicação e divisão entre dois fatores menores que dez” (Weinstein, 2009, p. 26). A consolidação desse domínio da CogN contribui para a compreensão dos algoritmos tradicionais das quatro operações.

A evocação de fatos aritméticos básicos está diretamente relacionada a dois fatores determinantes para o desenvolvimento da aprendizagem matemática formal: o *conhecimento dos fatos aritméticos* e a *fluência no cálculo*. Esses fatores estão relacionados ao conhecimento de procedimentos; ao desenvolvimento de estratégias para calcular e à evocação precisa de fatos aritméticos.

Todos esses fatores são levados em consideração nos testes do PROMAT. Em um dos testes, o participante deveria solucionar o cálculo apresentado oralmente. O aplicador do teste falava a seguinte pergunta: *Quanto é cinco mais seis?* Para solucioná-la, o participante poderia usar o tempo que fosse necessário, sem precisar explicar seu raciocínio e poderia usar lápis e papel ou o cálculo mental, conforme a figura 3 abaixo.

$$5 + 6 =$$

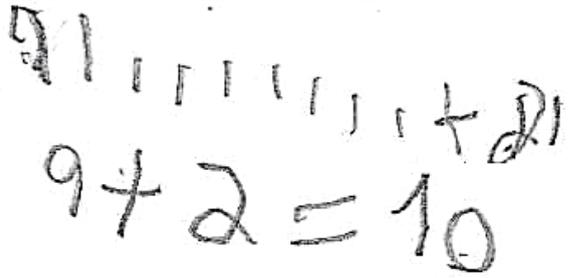
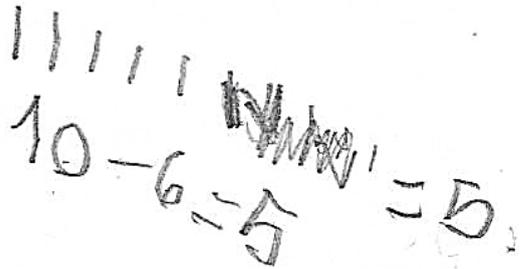
Figura 3 – Teste de Fato Aritmético Básico

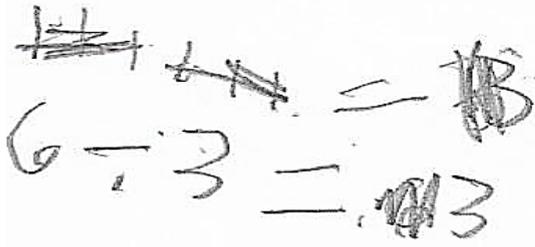
Fonte: Teste PROMAT, 2018.

O indivíduo investigado apresentou baixo rendimento em testes dessa natureza (fig. 3). Um estudo desenvolvido por O'hearn e Landau (2008) sobre as habilidades matemáticas em indivíduos com SW mostrou, por meio de exames de neuroimagem, que áreas parietais e temporais são severamente prejudicadas em relação a CogN. Essas evidências permitem compreender o baixo rendimento em testes de fatos aritméticos.

Dificuldades em cálculo é uma das características encontradas no participante em relação às habilidades matemáticas. Adições com algarismos menores que dez, como $9 + 2$ são difíceis para o indivíduo com SW, assim como subtração com base no 10, como $10 - 6$. As operações de multiplicação e de divisão também causaram dificuldades ao participante e, geralmente, o procedimento utilizado no cálculo de multiplicação foi o mesmo para adição. O quadro 3, a seguir, mostra os procedimentos adotados durante o pré-teste.

Quadro 1 – Teste de Conhecimento de Procedimento e Estratégia de Cálculo

Tarefas	Resposta do aluno
<p>Tarefa 1: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é nove mais dois?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	 <p>The student used nine vertical tally marks in a row, followed by two more, and then wrote the equation $9 + 2 = 10$.</p>
<p>Tarefa 2: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é dez menos seis?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	 <p>The student used ten vertical tally marks in a row, crossed out six of them, and wrote the equation $10 - 6 = 5$.</p>
<p>Tarefa 3: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto três vezes quatro?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu</p>	 <p>The student used three vertical tally marks, followed by a multiplication sign, then four vertical tally marks, and wrote the equation $3 \times 4 = 7$.</p>

raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.	
<p>Tarefa 4: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é seis dividido por três?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	

Fonte: Teste PROMAT, 2018.

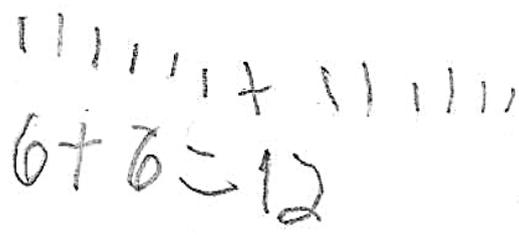
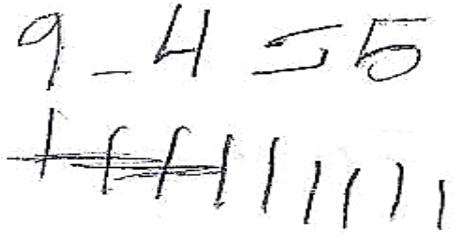
Os registros da resposta do aluno (Quadro 1) mostram os prejuízos que a SW causa ao desenvolvimento do acesso automático e preciso desses fatos na memória de longo prazo. Haase e Dorneles (2018) afirmam que os indivíduos com a SW têm dificuldades em evocar fatos aritméticos por terem a memória associativa prejudicada, logo o hipocampo deixa de cumprir com eficiência seu papel na aprendizagem da matemática, pois a “função do hipocampo no contexto da consolidação de fatos aritméticos está vinculado à padrões de associação entre problemas e respostas e, especificamente, relacionado com a consolidação das memórias” (Haase; Dorneles, 2018, p. 158).

O processo de aprendizagem dos fatos aritméticos básicos passa por três estágios gerais (Weinstein, 2016): *conhecimento de procedimento; desenvolvimento de estratégias e conhecimento declarativo*.

O conhecimento de procedimento, segundo Weinstein (2016), refere-se ao procedimento de contagem. No pré-teste de cálculo do PROMAT, o participante obteve três acertos, dois relacionados à adição e um relacionado à subtração. O sucesso das respostas deu-se devido ter recorrido ao processo de contagem, conforme pode-se observar no quadro 2.

Quadro 2 – Teste de conhecimento de procedimento de cálculo

Tarefas	Resposta do aluno
<p>Tarefa 1: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é cinco mais dois?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	

<p>Tarefa 2: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é seis mais seis?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	
<p>Tarefa 3: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é nove menos quatro?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, sem precisar explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	

Fonte: Teste PROMAT, 2018.

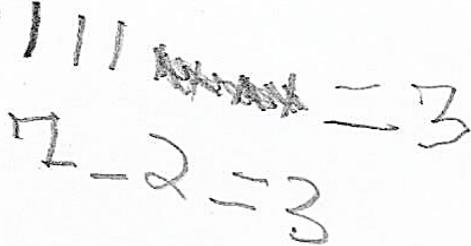
Os registros do participante (Quadro 2) mostraram que seu processo de aprendizagem dos fatos aritméticos encontrava-se em um estágio inicial. Weinstein (2016) afirma que nesse estágio o indivíduo precisa construir procedimento de contagem para solucionar o problema proposto, mas se não conseguir resolvê-lo envolvendo o conhecimento de procedimento mesmo sem limite de tempo, pode-se inferir que não conhece procedimentos de contagem e, possivelmente, não está preparado, cognitivamente, para avançar para a memorização, o próximo estágio de aprendizagem dos fatos aritméticos.

O baixo desempenho do participante nos testes de aritmética pode ter origem na falha para dominar processos de contagem e na memória de longo prazo. Um estudo desenvolvido por Geary (2009) com crianças do terceiro ano do Ensino Fundamental com discalculia apontou baixo rendimento nos testes de fatos aritméticos. Quando os estudantes tentavam recuperar fatos aritméticos da memória de longo prazo cometiam muitos erros. Os exames de neuroimagem mostraram pouca ativação cerebral nas regiões do hipocampo. Esse estudo corrobora com a presente pesquisa, pois o participante também apresentou dificuldades para recuperar fatos aritméticos.

Um segundo estágio consiste no desenvolvimento de estratégias para memorizar os fatos aritméticos e evocá-los. Esse estágio, segundo Weinstein (2016), inclui pares de fatos aritméticos relacionados por propriedade comutativa. Os testes do PROMAT tinham essa característica, tais como $5 + 4$ e $4 + 5$. A autora afirma que outra “estratégia madura consiste em ‘ligar’ um problema a outro problema a ele relacionado, por exemplo, para $5 + 6$, pensar $5 + 5 = 10$ e, então, $5 + 6 = 11$ ” (Weinstein, 2016, p. 28). Portanto, espera-se que nesse estágio do desenvolvimento de estratégias para calcular o foco não está na fluência dos fatos aritméticos ou na sua automação para evocar os fatos, mas na precisão das respostas. Por isso para a resolução de alguns testes do PROMAT não era determinado o tempo de realização, mas o raciocínio de como foi solucionado.

Outra estratégia que pode ser utilizada na solução de problemas de desenvolvimento de estratégias ou memorização consiste em relacionar por pares de familiaridade, como $5 + 4$ e $9 - 4 = 5$. O mecanismo de resolver um teste de adição por subtração ou vice e versa pode ser uma maneira eficaz nos casos de alunos com SW. O quadro 3, a seguir, mostra duas tarefas relacionadas ao segundo estágio da aprendizagem de fatos aritméticos.

Quadro 3 – Teste de estratégia de cálculo

Tarefas	Resposta do aluno
<p>Tarefa 1: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é cinco mais dois?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, mas precisa explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	
<p>Tarefa 2: solucionar o cálculo apresentado oralmente.</p> <p><i>Quanto é sete menos dois?</i></p> <p>Instrução: para solucionar o participante pode usar o tempo que quiser, mas precisa explicar seu raciocínio. Pode usar lápis e papel ou cálculo mental.</p>	

Fonte: Teste PROMAT, 2018.

O quadro 3 mostra que, mesmo o participante tenha errado a tarefa $7 - 2$, ele recorre às estratégias que também foram utilizadas na tarefa $5 + 2$. Isso evidencia que relacionar pares de fatos aritméticos por familiaridade é uma possibilidade de estratégia para aprender a calcular e isso pode ser mais explorado nas aulas de matemática, principalmente durante o atendimento educacional individualizado.

A consolidação desse segundo estágio possibilita uma mudança de mecanismos predominantemente procedimentais para mecanismos predominantemente de evocação de fatos aritméticos. Essa passagem de conhecimento de estratégias para conhecimento declarativo, caracteriza o último estágio da aprendizagem de cálculo.

Weinstein (2016) e Geary (2009) destacam esse terceiro estágio como um momento de aprendizagem matemática que implica a automaticidade ou evocação direta. Esse estágio também é conhecido como “domínio ou sobreaprendizagem, em inglês significa *overlearning*” (Weinstein, 2016, p, 29). O participante da presente pesquisa, quando submetido a testes dessa natureza, não obteve sucesso, pois errou todos os testes. Cho (2011) desenvolveu um estudo de imagem cerebral em que a evocação de fatos aritméticos foi contrastada com a habilidade de resolver problemas de adição e subtração com base no 10 e foram identificadas, pelo menos, três regiões

cerebrais que eram ativadas durante a formação de memória de longo prazo para fatos aritméticos: o córtex pré-frontal, o hipocampo e o córtex parietal.

Como o indivíduo com a SW tem essas regiões cerebrais afetadas, pode-se inferir que o insucesso nas tarefas de evocação pode ter ocorrido devido à inibição dessas áreas cerebrais. O prejuízo no córtex pré-frontal inibe a evocação controlada da informação, o hipocampo não desenvolve a formação de memória aritmética de longo prazo e o córtex parietal apresenta disfunções na representação da magnitude numérica. Todos esses prejuízos corroboram para um baixo desempenho na aprendizagem da aritmética.

Kaufmann e Von Aster (2012) afirmam que os indivíduos com discalculia apresentam dificuldades acentuadas na habilidade de evocar fatos aritméticos básicos. Esses sujeitos apresentam baixo desempenho na evocação e mostram um padrão de erros no recrutamento de fatos aritméticos. Geary (2009) destaca que erros como $6 + 3 = 7$ ou $3 + 2 = 4$ são comuns, pois ocorre um erro na ordem de contagem.

O resultado do PROMAT mostrou que o participante apresenta disfunções neurocognitivas no domínio do Cálculo, mas se durante o atendimento educacional individualizado o aluno conseguir, mesmo que lentamente, evocar um fato da memória aritmética e se o professor usar a prática de exercícios para levá-lo a ter fluência na evocação mais rapidamente, a chave para melhorar o desempenho aritmético desse estudante está na realização de exercícios com instruções adicionais para melhorar a prática, isto é, ao invés de o aluno tentar deduzir o fato, ele precisa aprender a evocá-lo. Portanto, os resultados da pesquisa evidenciaram que a pessoa com SW, em relação aos aspectos neurocognitivos da aprendizagem matemática, apresenta disfunção da CogN, contudo esses prejuízos podem ser compensados a partir de atendimento educacional especializado voltado para o aprimoramento das habilidades matemáticas inerentes aos domínios da CogN.

5. Considerações Finais

Esta pesquisa, que teve como objetivo analisar os prejuízos causados pela discalculia às habilidades inerentes à evocação de fatos aritméticos, possibilitou verificar as competências da CogN mais prejudicadas pela SW e priorizar as áreas que demandam mais atenção durante o processo de intervenção. O estudo realizado pode contribuir para que o professor que ensina matemática tenha uma melhor compreensão de que a aprendizagem da matemática é um processo cumulativo e que se dá ao longo da vida escolar, mas para que essas mudanças aconteçam existem demandas sobre o desempenho em habilidades básicas fundamentais, ou seja, há pré-requisitos.

Sobre as contribuições desta pesquisa para a formação de professores que ensinam matemática, investir na formação docente é uma forte ponte para ligar as neurociências à Educação Matemática, pois a educação é um processo multideterminado. O que o professor faz em sala de aula é uma espécie de intervenção que busca modificar comportamentos e estruturas neurocognitivas nos alunos. Portanto, as neurociências têm muito a contribuir com o processo de ensino e aprendizagem.

Além disso, as evidências desta pesquisa podem auxiliar em uma organização didático-pedagógica alinhada com a maneira natural de o cérebro aprender, mas para isso o professor precisa compreender a relação existente entre o cérebro e a aprendizagem. Entender, por exemplo, os efeitos fisiológicos, os estímulos sensoriais e os aspectos emocionais relacionados à aprendizagem. Por isso, a presente investigação ressaltou a importância de as práticas de sala de aula serem fundamentadas, principalmente, em evidências científicas, o que não pode ocorrer são as teorias da aprendizagem de base empírica contrapõem-se ao potencial dos estudos neurocientíficos. Por exemplo, não se pode compreender, sem questionar, que a exposição de crianças à material audiovisual possibilita a consolidação de memória aritmética de longo prazo. Isso é uma maneira de negligenciar as evidências neurocientíficas sobre a aprendizagem e sua relação com a memória. Assim, a ausência de uma relação entre as neurociências e a educação implicam na crença, por parte de muitos professores, de que memorizar fatos aritméticos isolados no início da vida escolar pode melhorar a retenção de memória de longo prazo.

Por outro lado, a neurociência não pode tornar-se uma panaceia para os problemas educacionais, da mesma forma que as pesquisas empíricas do campo das ciências educacionais não podem ser ignoradas. Por isso, a importância de estabelecer uma ponte entre a neurociência e a educação. As pesquisas translacionais em neurociências podem contribuir para processos de intervenção nos casos de alunos com discalculia, pois olhar para o funcionamento do cérebro durante a solução de um problema matemático pode ajudar a esclarecer o que impede a aprendizagem. Portanto, a pesquisa possibilitou inferir que as evidências neurocientíficas podem contribuir para compensar os prejuízos causados pela discalculia.

Referências

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BASTOS, José Alexandre. **Matemática: distúrbios específicos e dificuldades**. In: ROTTA, N. T. BRIDI-FILHO, C. A. BRIDI, F. R. de S. neurologia e aprendizagem: abordagem multidisciplinar. Porto Alegre: Artmed, 2016.

CHO, S. *et al.* How does a child solve $7 + 8$? Decoding brain activity patterns associated with counting and retrieval strategies. **Revista Developmental Science**, v. 14, n. 5, p. 989-1001, 2011. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21884315/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

FIORI, Nicole. **As neurociências cognitivas**. Lisboa: instituto Piaget, 2006.

GEARY, David C. Numerical and Arithmetical Cognition: patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. **Journal of Experimental Child Psychology**. v. 3, p. 213-239, 2009. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10527555/>>. Acesso em: 17 abr. 2019.

GONÇALVES-MAIA, Raquel. **Ciência, pós-ciência, metaciência**: tradição, inovação e renovação. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

HAASE, Vitor Geraldi. DORNELES, Beatriz Vargas. Aprendizagem numérica em diálogo. *In*: LENT, Roberto. BUCHWEITZ, Augusto. MOTA, Mailce. (orgs.). **Ciência para Educação**: uma ponte entre dois mundos. São Paulo: Atheneu, 2018.

HAASE, Vitor Geraldi. *et al.* Phonemic awareness apathway to number transcoding. **Frontiers in Psychology**, v. 5, n. 13, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3904123>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

HAASE, V. G. JÚLIO-COSTA, A. SANTOS, F. H. **Neuropsicologia hoje**. Porto Alegre: Artmed, 2015.

IUCULANO, Teresa *et al.* Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain function in children with mathematical learning disabilities. **Nat. Commun.** v.6, 2015, p. 126-141. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/ncomms9453>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

KAUFMANN, Liane *et al.* Discalculia do desenvolvimento: mecanismos compensatórios nas regiões intraparietais esquerdas em resposta a magnitudes não simbólicas. **Revista Behavioral and Brain Functions**. v. 5, n. 3, p. 5-35, 2009. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2104493/>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

KAUFMANN, Liane. VON ASTER, Michael. The diagnosis and management of dyscalculia. **Revista Continuing Medical Education**. v. 2, n. 45, p. 767-778, 2012. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3514770/>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

O'HEARN, Kirsten. LANDAU, Barbara. Mathematical skill in individuals with Williams Syndrome: Evidence from a standardized mathematics battery. **Brain Cogn**, v. 63, n. 3, p. 238-246, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2104493/>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ROBINSON, Sally. TEMPLE, Christine. Dissociations in mathematical knowledge: Case studies in Down's syndrome and Williams syndrome. **Revista Cortex**, v. 49, n. 2, p. 534-548, 2015. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22208902/>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

SANTOS, Flávia Heloísa dos. **Discalculia do Desenvolvimento**. São Paulo: Pearson, 2017.

VANBINST, K. ANSARI, D. SMEDT, B. LAGAE, L. Perfis do desenvolvimento de fato aritmético das crianças: uma abordagem de agrupamento baseado em modelo. **Child Psychol**. vol. 133, n. 1. 2015, p. 29-46. Disponível em: <<https://behavioralandbrainfunctions.biomedcentral.com/articles/10.1186/1744-9081-2-20>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

WEINSTEIN, Mônica Cristina Andrade. **PROMAT**: um roteiro para a sondagem de habilidades matemáticas no Ensino Fundamental. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2016.

WILSON, Ana J. *et al.* An open trial assessment of “The Number Race”, an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. **Revista Behavioral and Brain Functions**. v. 2, n. 20, 2006. Disponível em: <<https://behavioralandbrainfunctions.biomedcentral.com/articles/10.1186/1744-9081-2-20>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.