

Aspectos Neurocognitivos da Discalculia na Síndrome de Williams-Beuren

Neurocognitive Aspects of Dyscalculia in the Williams-Beuren Syndrome

Aspectos Neurocognitivos de la Discalculia em el Síndrome de Williams-Beuren

FABIO COLINS

Universidade Federal do Pará

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo analisar os prejuízos causados pela discalculia em um estudante com Síndrome de Williams-Beuren no que se refere às habilidades relacionadas ao processamento numérico. Para isso, foi realizada uma avaliação dos domínios da cognição numérica a partir do modelo do código triplo proposto por Debaene e colaboradores. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa do tipo estudo de caso. O participante é um estudante que cursava o 9º ano do Ensino Fundamental e que recebia atendimento educacional especializado. Suas habilidades matemáticas foram analisadas por meio de um protocolo de rastreio da discalculia, o PROMAT. Os relatórios e registros geraram informações que foram analisadas por meio da metodologia de análise de conteúdo. Os resultados da pesquisa apontaram que diversas habilidades matemáticas foram prejudicadas em decorrência da síndrome, tais como contagem numérica, contagem oral, transcodificação numérica, magnitude numérica e linha numérica mental.

NEUROCIÊNCIA COGNITIVA. APRENDIZAGEM MATEMÁTICA. DISCALCULIA. SÍNDROME DE WILLIAMS-BEUREN.

ABSTRACT: This work aims to analyze the damage caused by dyscalculia in a student with Williams-Beuren Syndrome with regard to skills related to numerical processing. For that, an evaluation of the numerical cognition domains was carried out using the triple code model proposed by Debaene and collaborators. This is a case study type qualitative research. The participant is a student who was in the 9th grade of elementary school and who received specialized educational assistance. Their mathematical skills were analyzed using a protocol for screening for dyscalculia, PROMAT. The reports and records generated information that was analyzed using the content analysis methodology. The research results showed that several mathematical skills were impaired due to the syndrome, such as numerical counting, oral counting, numerical transcoding, numerical magnitude and mental numerical line.

COGNITIVE NEUROSCIENCE. MATHEMATICAL LEARNING. DYSCALCULIA. WILLIAMS-BEUREN SYNDROME.

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo analizar el daño causado por la discalculia en un estudiante con síndrome de Williams-Beuren con respecto a las habilidades relacionadas con el procesamiento numérico. Para ello, se realizó una evaluación de los dominios de cognición numérica utilizando el modelo de código triple propuesto por Dehaene y sus colaboradores. Este es un estudio de caso tipo investigación cualitativa. El participante es un estudiante que estaba en el noveno grado de la escuela primaria y que recibió asistencia educativa especializada. Sus habilidades matemáticas se analizaron utilizando un protocolo para la detección de discalculia, PROMAT. Los informes y registros generaron información que se analizó utilizando la metodología de análisis de contenido. Los resultados de la investigación mostraron que varias habilidades matemáticas se vieron afectadas debido al síndrome, como el conteo numérico, el conteo oral, la transcodificación numérica, la magnitud numérica y la línea numérica mental.

NEUROCIENCIA COGNITIVA. APRENDIZAJE MATEMÁTICA. DISCALCULIA. SÍNDROME DE WILLIAMS-BEUREN.

Introdução

O processo de aprendizagem pode ser considerado (Bridi-Filho & Bridi, 2016) o elemento central entre os estudos da Neurociência Cognitiva e os estudos da Educação Matemática Inclusiva. Nesse sentido, 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, este trabalho utiliza o termo discalculia como sinônimo de Dificuldade Aritmética (DA).

Este artigo, um recorte de uma pesquisa de doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas, tem como objetivo analisar os prejuízos causados pela discalculia em um estudante com Síndrome de Williams-Beuren no que se refere às habilidades relacionadas ao processamento numérico. A discussão teórica sobre o neurodesenvolvimento da Cognição Numérica (CogN) pauta-se, principalmente, no *Modelo do Código Triplo* de Dehaene e seus colaboradores (1995; 1999, 2009, 2011). Além disso, discute-se a discalculia na Síndrome de Williams-Beuren (Haase, Júlio-Costa & Santos, 2015), sobretudo, as dificuldades no processamento numérico.

A metodologia da investigação foi organizada a partir de uma abordagem qualitativa. A pesquisa trata de um estudo de caso (Yin, 2015) desenvolvido com um estudante com Síndrome de Williams-Beuren. Essa síndrome trata-se de uma doença rara que compromete o desenvolvimento neurocognitivo da aprendizagem matemática e ocorre em uma estimativa de 1/20.000 crianças nascidas vivas (Robinson & Temple, 2015).

As informações foram construídas a partir de um processo de avaliação neurocognitiva com o uso do protocolo avaliativo PROMAT, ou seja, um teste de desempenho das habilidades matemáticas de uso não restrito a psicólogos ou neurocientistas. O material empírico foi analisado por meio da metodologia *Análise de Conteúdo* (Bardin, 2011). Os resultados mostraram que o estudante investigado apresenta prejuízos severos em habilidades matemáticas referentes ao domínio do processamento numérico.

O texto está organizado em cinco seções. Na primeira (introdução) foi apresentada as considerações iniciais sobre a pesquisa; na segunda são abordados os aspectos neurocognitivos da aprendizagem matemática na síndrome de Williams-Beuren e as regiões cerebrais comprometidas pela síndrome e o tipo de discalculia; na terceira descreve-se os aspectos metodológicos e o instrumento PROMAT; na quarta discute-se sobre os resultados da avaliação neurocognitiva e a quinta traz as considerações finais e as contribuições da pesquisa para o campo da Educação Matemática e da Educação Especial.

1 Bases Neurocognitivas da Discalculia na Síndrome de Williams-Beuren

A Síndrome de Williams (SW) é uma disfunção genética rara ocasionada por uma microdeleção, uma pequena perda do DNA do braço longo do cromossomo 7, resultando na interrupção do gene de elastina, o que leva a alterações nas paredes vasculares, no pulmão, no intestino e na pele (Bastos, 2016). Sua incidência, que sofre variação em diversos países, é de 1 criança a cada 20 mil nascidas vivas (Robinson & Temple, 2015).

A pessoa com SW pode ser reconhecida por exame facial, pois também são conhecidos como face de Elfo por ter morfologia facial distinta. Além disso, desenvolve problemas cardíacos, problemas renais e comprometimento na dentição. Conforme os estudos de Heinze e colaboradores (2005), esta síndrome foi descoberta clinicamente em 1962 pelo médico geneticista J.C.P. Williams. Em suas pesquisas percebeu que os sujeitos acometidos por essa síndrome apresentavam uma disfunção genética no par 7 de cromossomos acometidas pela ausência de cerca de 21 genes. Dentre eles, estavam os genes responsáveis pela produção de elastina (fibras elásticas).

Essa síndrome compromete as funções executivas superiores relacionadas à lectoescrita e à matemática, tais como aspectos relacionados ao desenvolvimento motor, linguístico, visuoespacial e numérico. Heinze *et al* (2005) afirmam que um aspecto clínico importante está relacionado com a morfologia cerebral, pois o cérebro na SW é diferente, geralmente é menor.

Um estudo desenvolvido por Heinze e colaboradores (2005) com pessoas com SW, mostrou, por meio de exames de neuroimagem, que áreas cerebrais parietais menos desenvolvidas, enquanto outras são mais desenvolvidas de maneira desproporcional. As regiões do lobo parietal destacam-se como uma das mais importantes, pois são áreas de integração por onde passam boa parte das informações do restante das regiões cerebrais. É nela que está situado o córtex parietal inferior, constituído pelo giro angular (área 39 de Brodmann) e o giro supramarginal (área de Brodmann 40) que, no contexto da aprendizagem matemática, desempenham papéis relacionados ao resgate de fatos aritméticos e representação numérica simbólica, conforme a figura 1.

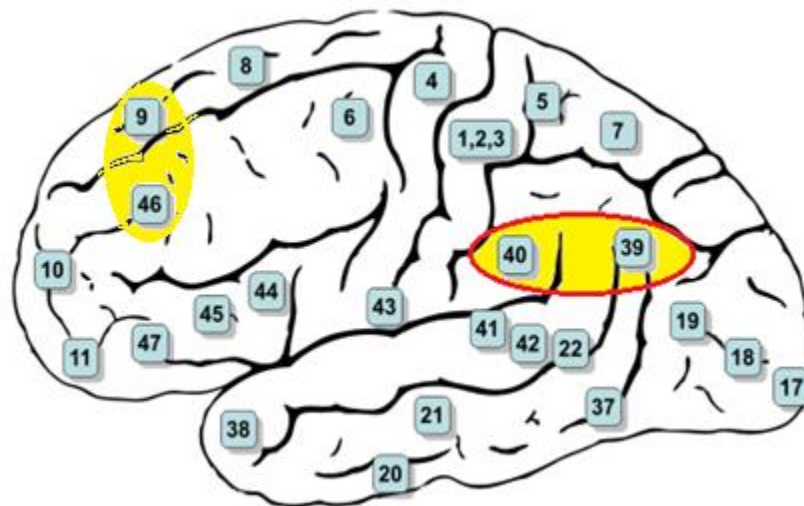


Figura 1: Áreas do córtex parietal inferior*
Fonte: Carter e Gray, 2008.

* Superfície lateral do hemisfério cerebral esquerdo, vista lateral.

Essas áreas de Brodmann (fig. 1) também estão envolvidas no processamento da magnitude numérica, no reconhecimento de números arábicos e no desenvolvimento de habilidades do senso espacial. Outras áreas do córtex pré-frontal dorsolateral (áreas de Brodmann 9 e 46), que estão situadas no lobo frontal, desempenham importante papel na “emergência das representações numéricas simbólicas, isto é, associação de representações de numerosidade com sistemas simbólicos” (Haase & Dorneles, 2018, p. 157). Pode-se inferir que as pessoas com SW podem apresentar dificuldades em reconhecimento de algarismos arábicos.

Nesse contexto, os estudantes que apresentam características da discalculia podem ter comprometimento cognitivo em habilidades matemáticas específicas, tais como o senso numérico, o processamento numérico e o cálculo. Cada prejuízo da CogN depende da região cerebral afetada.

Um estudo desenvolvido por O’Hearn & Landau (2008) com alunos do Ensino Fundamental com diagnóstico de Síndrome de Williams-Beuren apontou, no que concernem os aspectos cognitivos, que a linguagem parece ser a habilidade menos afetada do que as habilidades relacionadas à aritmética. Com isso, a pesquisa possibilitou inferir, por meio de exames de neuroimagem, que áreas do lobo temporal são menos prejudicadas, pois são nas regiões temporais que estão os componentes da formação da linguagem.

O mesmo estudo indicou que áreas do lobo frontal são mais prejudicadas, por exemplo, disfunções neurocognitivas em áreas do córtex pré-frontal implicam no baixo desempenho nas seguintes tarefas: evocação de fatos aritméticos, representação simbólica verbal, estratégias de cálculo, estimativa numérica e comparação de quantidades.

O’Hearn & Landau (2008) afirmam que poucas pesquisas têm sido desenvolvidas para verificar as habilidades matemáticas conservadas e prejudicadas na SW. O estudo concluiu que as pessoas com SW apresentaram sucesso nas habilidades relacionadas à leitura de números e insucesso em tarefas relacionadas à linha numérica mental. Para os autores, os resultados sugerem que os sujeitos com SW têm dificuldade particulares em tarefas que exigem habilidades da linha numérica, um prejuízo que provavelmente reflete disfunções da CogN nas áreas parietais.

De acordo com O’Hearn & Landau (2008), o baixo rendimento nas tarefas de linha numérica mental resulta de disfunções nas estruturas do fluxo dorsal do lobo parietal superior e do lobo occipital (áreas de Brodmann 17, 18 e 19), mas esse prejuízo pode ser compensado por meio de intervenções que busquem diferentes estratégias, incluindo as verbais, que apoiem a compreensão da linha numérica.

Nesse sentido, uma investigação desenvolvida por Landau & Hoffman (2012), com jovens com idades entre 19 e 21 anos, mostrou que as pessoas com SW apresentam um desenvolvimento gradual e lento nos aspectos linguísticos e matemáticos e que se torna uma característica peculiar dessa síndrome. Assim, as estruturas cognitivas que deveriam ter sido desenvolvidas durante a infância ocorrem somente durante a adolescência e fase adulta.

Para as autoras, outras funções cognitivas que normalmente precisam de maior tempo para se desenvolver (devido o lento processo de amadurecimento neurocognitivo na SW) nunca atingem a maturidade esperada por causa da estabilização de toda a aprendizagem durante a adolescência. Essa hipótese apontada pelas pesquisadoras permitiu afirmar que o sistema numérico aproximado é severamente comprometido na SW ocasionado pelo lento desenvolvimento, pois pessoas adultas apresentam idade cognitiva em matemática comparada a de uma criança com conduta típica de sete anos de idade (Landau & Hoffman, 2012).

Landau & Hoffman (2012) concluem a pesquisa afirmando que o comprometimento das funções cognitivas relacionadas sistema numérico aproximado pode prejudicar a construção de fatos aritméticos básicos (adição, subtração, multiplicação e divisão). Essa característica não é exclusiva da SW, pois pessoas sem SW que apresentam condutas da discalculia do desenvolvimento têm baixa precisão de sistema numérico aproximado. Assim como podem ser aplicados a outros transtornos específicos da aprendizagem matemática, por exemplo: Síndrome de Turner e a Síndrome do X-frágil. Com base nesses achados, as autoras afirmam que “para todos esses casos, uma questão-chave para estudos prospectivos

é se as funções cognitivas básicas (incluindo as representações do sistema numérico aproximado) podem ser melhoradas pelo treino precoce” (Landau & Hoffman, 2012, p. 237).

Para os pesquisadores em Neurociência Cognitiva (Heinze *et al*, 2005; O’hearn & Landau, 2008; Landau & Hoffman, 2012; Dehaene, 2011; Robinson & Temple, 2015; Haase & Dorneles, 2018), conhecer as regiões cerebrais ativadas em tarefas de magnitude numérica podem auxiliar para compreender outras habilidades aritméticas relacionadas à aquisição de contagem e cardinalidade em pessoas com SW. Além disso, verificar até que ponto estão relacionadas com as competências matemáticas mais avançadas tais como acuidade numérica e não numérica. Portanto, essas pesquisas podem auxiliar na compreensão das condutas típicas da discalculia manifestadas em pessoas com a SW.

Sobre a discalculia na SW, pesquisadores brasileiros têm desenvolvido estudos sobre esse tema em casos de disfunções genéticas. Para Haase, Júlio-Costa & 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 (2012) 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 CogN única, mas pode apresentar distintos perfis de desempenho matemático. Para a autora, a disfunção do processamento de magnitude numérica pode ser o *déficit* cognitivo principal da discalculia.

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 (Kaufmann, 2012). Essas áreas cerebrais prejudicadas pela discalculia podem ser visualizadas na figura 2.

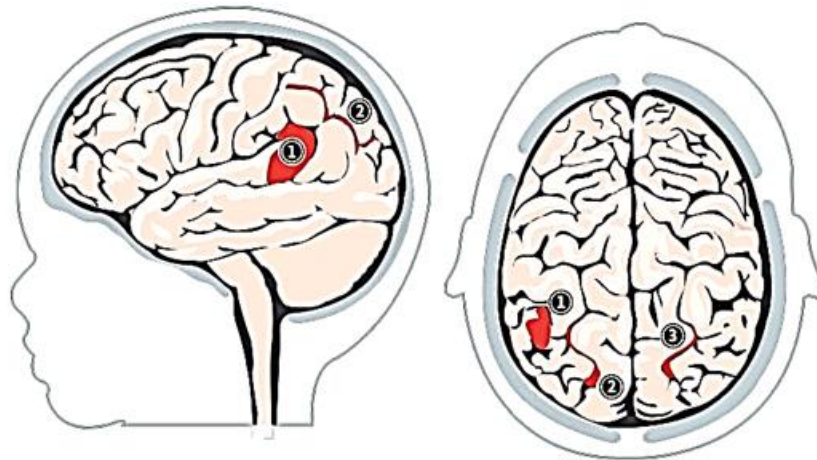


Figura 2 – Lobo parietal responsável pelo processamento de números.
Fonte: adaptado de Haase e Dorneles, 2018.

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 os prejuízos causados devido à 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 & 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 Iuculano *et al* (2015), a discalculia compromete outras áreas cerebrais distintas do córtex parietal, por exemplo as 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.

Kaufmann (2012) 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. Esse tipo de discalculia (memória semântica) 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 (2016), 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-Beuren 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.

Uma característica típica da discalculia na síndrome de Williams-Beuren 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 (Dehaene, 2011).

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, 2000; Bastos, 2016; Cho, 2011; Kaufmann, 2012; Weinstein, 2016; Santos, 2017;) afirmam que a dificuldade aritmética e a dificuldade 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.

2 Metodologia da Pesquisa

Esta pesquisa trata-se de uma investigação qualitativa que buscou analisar os prejuízos causados pela discalculia em um estudante com Síndrome de Williams-Beuren no que se refere às habilidades relacionadas ao processamento numérico. A produção do conhecimento científico deu-se na interface dos estudos da Neurociência Cognitiva, da Educação Matemática e da Educação Especial, 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 do processo de aprendizagem da matemática na síndrome de Williams-Beuren.

As discussões teóricas foram fundamentadas em estudos na área da Neurociência Cognitiva situadas em plataformas de pesquisas de literatura médica, 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.

Em relação ao método, essa é uma pesquisa do tipo estudo de caso, ou seja, “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” (Yin, 2015, p. 17). Esse método facilitou compreender melhor os prejuízos causados pela síndrome de Williams-Beuren no desenvolvimento do processamento numérico em um estudante com SW.

Todos os procedimentos metodológicos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Pará (ICS/UFPA), 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 contexto da investigação foi 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 foi um estudante com SW matriculado no 9º ano do Ensino Fundamental e que 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. Esse contato com o AEE possibilitou que fosse avaliado o neurodesenvolvimento de suas habilidades matemáticas relacionadas ao processamento numérico.

O instrumento de avaliação utilizado foi o protocolo PROMAT, trata-se de um roteiro elaborado para sondar o desenvolvimento das habilidades matemáticas referentes à CogN. Esse protocolo é considerado como uma ferramenta de rastreamento das habilidades numéricas comprometidas pela discalculia (Santos, 2017). Ele permite verificar a defasagem do desenvolvimento neurocognitivo do senso numérico, do processamento numérico e do cálculo, ou seja, as estruturas funcionais que compõe os domínios da aprendizagem matemática.

O PROMAT apresenta tarefas que possibilitam analisar o desempenho neurocognitivo relacionados à linha numérica mental. Por exemplo, inserir algarismos numa linha numérica mental de 0 a 100 e escrevê-los do menor para o maior, conforme ilustrado na figura 3.

| | | | | |
|----|----|----|----|---|
| 80 | 53 | 98 | 20 | 8 |
|----|----|----|----|---|

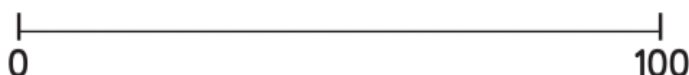


Figura 3: Tarefa de Linha Numérica.
Fonte: Weinstein, 2016.

Portanto, o PROMAT é composto por um manual de aplicação que traz uma apresentação do instrumento e os pressupostos teóricos que o fundamentam e que ajuda na interpretação dos resultados. Um caderno de estímulo com fichas e consignas apresentadas ao participante. Um caderno do aluno com folhas para registro das respostas dos itens propostos. O avaliador também tem um caderno para registrar as respostas do estudante avaliado.

Entre os domínios matemáticos avaliados pelo PROMAT, está o processamento numérico que envolve o processamento de quantidades não simbólicas e simbólicas e a compreensão numérica (Deahene, 2009). Esse domínio envolve habilidades relacionadas à contagem numérica, ao desenvolvimento da contagem oral, à representação simbólica da magnitude, à linha numérica mental, ao valor posicional e à transcodificação numérica.

Segundo Weinstein (2016), a classificação do participante no PROMAT é dada com as seguintes categorizações: apresenta discalculia ou transtorno específico de aprendizagem da matemática; apresenta Desempenho Baixo em Matemática; apresenta Desempenho Típico. Quando o estudante apresenta um rendimento de até 10% no teste padronizado por pelo menos dois anos escolares consecutivos, ele pode ser classificado com discalculia ou dificuldade aritmética.

As informações construídas no decorrer da pesquisa foram analisadas por meio da metodologia de *Análise de Conteúdo* (Bardin, 2011). Portanto, os dados foram tratados de forma que expressassem de forma qualitativa os resultados da pesquisa, que são apresentados na próxima seção.

3 Resultados e Discussões da Avaliação Neurocognitiva

A avaliação do participante com o uso do PROMAT foi realizada em duas sessões devido o número extenso de itens. Esse procedimento avaliativo refere-se às habilidades matemáticas correspondentes ao domínio processamento numérico. Os encontros ocorreram no espaço do AEE e duas vezes por semana o participante era recrutado para realizar as avaliações, conforme organização do quadro 1.

| Domínios da Cognição Numérica | Habilidades da Cognição Numérica | Nº itens | Sessões | Tempo |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------|----------|--------------|
| <i>Processamento Numérico</i> | Contagem Numérica | 5 | Sessão 1 | 30 minutos |
| | Contagem Oral | 5 | | |
| | Magnitude Numérica | 10 | Sessão 2 | 40 minutos |
| | Linha Numérica | 10 | | |
| | Correspondência Numérica | 10 | | |
| | Transcodificação Numérica | 10 | | |
| Total | | 50 | 2 | 1h:10 |

Quadro 1 – Organização das sessões de Avaliação Neurocognitiva.

Fonte: Weinstein, 2016.

Em cada sessão o participante ficava sentado em uma cadeira com o apoio de uma mesa. Em cada encontro era explicado como deveria ser procedido, isto é, tentar resolver todos os itens e os que não fossem possíveis de responder poderia ficar em branco. Ao final de cada sessão, a ficha de resposta do aluno era recolhida e os pontos eram contabilizados na ficha de resultados do aplicador.

O roteiro de sondagem das habilidades matemática possibilitou verificar as competências da CogN mais prejudicadas pela SW e priorizar as áreas que demandam mais atenção durante o processo de intervenção. A avaliação realizada 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.

De acordo com as informações produzidas a partir do teste, percebe-se que o estudante avaliado apresentou um rendimento total de 10% considerando os diferentes domínios da Cognição Numérica. Esse resultado, segundo os parâmetros do PROMAT, possibilita inferir que o referido aluno apresenta indícios do transtorno específico da aprendizagem matemática, discalculia. Dessa forma, foi possível categorizar o desempenho do participante por habilidades do processamento numérico, conforme o gráfico 1.

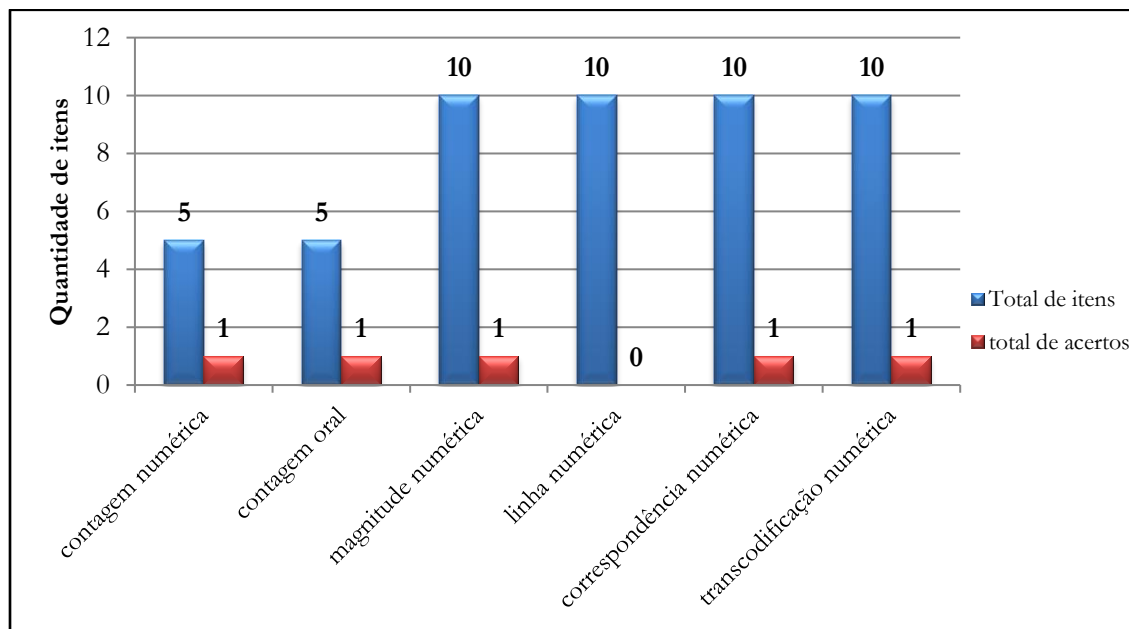


Gráfico 1: Rendimento do Participante no Teste de Processamento Numérico
 Fonte: Teste PROMAT, 2018.

Segundo o gráfico 1, o aluno apresenta disfunção em diversos domínios da CogN, mais especificamente no domínio do Processamento Numérico. Esses sinais, portanto, são mais evidentes quando avaliados por habilidades específicas, por exemplo, no teste de representação dos numerais na linha numérica o participante apresentou rendimento 0%. Ele foi submetido a dez itens dessa categoria, mas não conseguiu organizar os numerais em uma reta numérica de 0 a 100.

A tarefa referente à linha numérica consistia em inserir os algarismos 8, 20, 53, 80 e 98, com espaçamento proporcional, em uma linha numérica de 0 a 100. O aluno não tinha o tempo determinado, então poderia utilizar o tempo necessário para executar a tarefa, mesmo assim não conseguiu colocar os números em uma ordem crescente proporcional, conforme a figura 4.

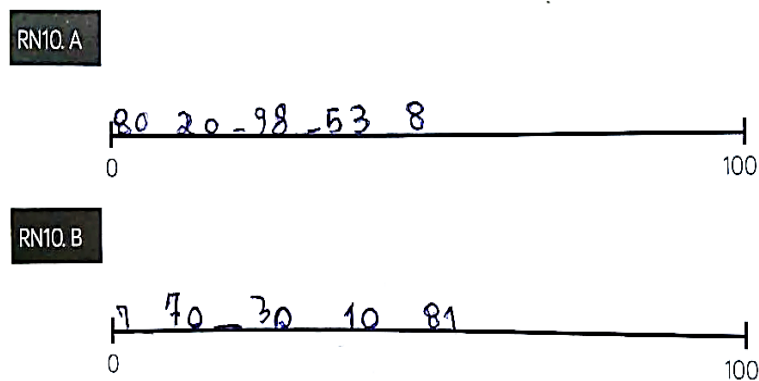


Figura 4: Teste de Linha Numérica
 Fonte: Teste PROMAT, 2018.

A avaliação mostrou que o efeito de distância numérica foi comprometido pela SW e isso significa que a habilidade de discriminar o espaço proporcional entre dois números em uma reta numérica foi prejudicada. Dessa forma, pode-se inferir que a numerosidade é representada na forma de uma linha numérica mental, onde valores numericamente similares ocupam aproximadamente a mesma posição no contínuo numérico, impedindo a recuperação de representações apropriadas para números próximos (Dehaene, 2011). Assim, para uma pessoa com SW, fica mais difícil comparar ou colocar em uma linha numérica números mais próximos.

A transcodificação numérica foi outra habilidade referente à representação numérica em que o estudante apresentou rendimento insuficiente. Ele foi submetido a 10 tarefas as quais acertou somente 1. Uma disfunção observada nessa habilidade refere-se ao fato de o estudante escrever os números omitindo algarismos ou escrevendo-os de forma escalonada, ou seja, sem considerar o sistema numérico posicional, conforme a figura 5.

Figura 5: Teste de Transcodificação Numérica
Fonte: Teste PROMAT, 2018.

Nessa tarefa (fig. 5), o aluno tinha que representar numerais falados em algarismos arábicos. Foram ditados os numerais 371, 889, 1089 e 16472. Portanto, o item contemplava numerais de terceira, de quarta e de quinta ordem. O tempo de execução da tarefa era ilimitado. Conforme a resposta do aluno, percebe-se que além de omitir numerais, apresentou um padrão de erro que consistiu em adicionar dígitos ao numeral ditado.

Outro aspecto presente na resposta é o fato de escrever o numeral na ordem que foi ditado, por exemplo, 809 ao invés de 889. Esse mesmo padrão de resposta foi observado por pesquisadores em diferentes países (Geary, 2000; O’hearn & Landau, 2008; Dehaene, 2009; Robinson & Temple, 2015). Com base nos resultados, foram adotados termos distintos para esse padrão de erro, mas a expressão *escrita expandida* foi a mais utilizada nos relatórios das pesquisas, a qual chamamos de escrita escalonada.

Outra tarefa referente à transcodificação numérica que merece destaque refere-se à escrita por extenso de numerais. A figura 6 aborda aspectos da sintaxe e da semântica dos numerais.

Figura 6: Teste de Transcodificação Numérica.
Fonte: Teste PROMAT, 2018.

A tarefa (fig. 6) consistia em representar algarismos arábicos em numerais escritos. O estudante lia o algarismo e escrevia-o utilizando palavras. Foram apresentados os numerais 79, 159, 706 e 3097. O tempo de execução da tarefa também era ilimitado. A figura 6 mostrou que o estudante escreveu o nome dos numerais da mesma forma como leu, por exemplo, “cento” para o algarismo 1, “cinco” para o algarismo 5 e “nove” para o algarismo 9. Ele mostra conhecimento sobre a casa da centena e a casa das unidades, no entanto, desconhece a posição referente à ordem das dezenas.

Os transtornos da aprendizagem matemática relacionados ao Processamento Numérico apresentados pelo aluno com SW são recorrentes de prejuízos no sulco intraparietal (Kaufmann, 2012; Jolle, 2016), pois é nessa área cerebral que as informações numéricas primárias são processadas. O sulco intraparietal atua como uma espécie de decodificador semântico de representação numérica simbólica, por exemplo, dígitos árabes e numerais escritos. Desse modo, pode-se inferir que um prejuízo nessa região cerebral pode afetar mecanismos da aprendizagem da matemática, tais como a combinação de habilidades matemáticas simbólicas e de habilidades não simbólicas que compõe a base das capacidades típicas da representação numérica.

Dehaene (2009; 2011) afirma que o baixo desenvolvimento de habilidades relacionadas ao procedimento de contagem pode comprometer a aprendizagem dos fatos aritméticos básicos. Portanto, os resultados da avaliação neurocognitiva mostraram que o participante apresenta disfunções neurocognitivas no domínio do processamento numérico, mas que o estudante durante o atendimento educacional especializado pode conseguir, mesmo que lentamente, aprender a produção e a compreensão numérica. Para isso, o professor precisa utilizar a prática de exercícios para levá-lo a ter fluência no processamento de números e, conseqüentemente, na evocação de fatos aritméticos básicos.

Considerações finais

Os resultados da pesquisa possibilitaram estabelecer reflexões sobre a importância de compreender o processo de ensino e aprendizagem da Matemática de estudantes com SW a partir de evidências de pesquisas em neurociências, pois o estudo provocou ainda a reflexão sobre as contribuições da Neurociência Cognitiva para a Educação Matemática Inclusiva e a construção de tarefas que podem ser utilizadas no AEE.

Um aspecto relevante é o fato de que ensinar estratégias cognitivas aos alunos com discalculia pode melhorar seu desempenho escolar em Matemática e, conseqüentemente, diversas habilidades relacionadas à Cognição Numérica. Entre essas estratégias está a contagem oral, a contagem numérica, a linha numérica mental, a correspondência numérica e a transcodificação numérica. Essas habilidades são determinantes para a melhoria do desempenho matemático relacionado ao domínio do processamento numérico.

Outro fator que merece destaque refere-se à identificação dos principais transtornos da aprendizagem matemática ocasionados pela SW. Entre eles destacou-se a dificuldade em compreender a magnitude numérica simbólica e não simbólica, assim como nomear termos e símbolos relacionados à linguagem matemática, bem como a leitura e a escrita de números e a evocação de fatos aritméticos básicos.

A pesquisa identificou uma forte relação entre as habilidades linguísticas e as habilidades matemáticas conservadas no aluno com SW. Esse indicador sugere estudos sobre a resolução de problemas matemáticos apresentados oralmente e por escrito. Essa relação entre a lectoescrita e a matemática evidencia-se devido a pessoa com SW apresentar características da dislexia. Desse modo, o estudo possibilitou inferir que as áreas cerebrais associadas à leitura que são prejudicadas pela dislexia, por exemplo o giro angular ou área 39 de Brodmann, estão também relacionadas à aprendizagem matemática. Logo, implica no desenvolvimento das representações simbólicas como a linguagem e os números.

Nesse contexto, um dos maiores desafios da escola básica é conseguir encaminhar uma criança com SW para uma avaliação neurocognitiva que possa rastrear características da discalculia, no entanto se os programas educacionais e os profissionais da educação começarem a considerar as evidências científicas resultantes de pesquisas em Neurociência Cognitiva como um instrumento de compreensão dos problemas de aprendizagem, pode-se estabelecer uma ponte entre as Neurociências, Educação Matemática e Educação Especial.

Referências

- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Bastos, J. A.. Matemática: distúrbios específicos e dificuldades. *In: Rotta, N. T., Ohlweiler, L., & Riesgo, R. d. S.* (2016). *Transtornos da Aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar*. Porto Alegre: Artmed, 176-189.
- Bridi-Filho, C. A., & Bridi, F. R. d. S.. Sobre o aprender e suas relações: interfaces entre neurologia, psicologia e psicopedagogia. *In: Rotta, N. T., Bridi-Filho, C. A., & Bridi, F. R. d. S.* (2016). *Neurologia e aprendizagem: abordagem multidisciplinar*. Porto Alegre: Artmed, 17-28.
- Carter, H. V. & Gray, H. (2008). *Anatomy of the Human Body* (40. ed). São Paulo: Saraiva.
- Cho, S., Ryali, S., Geary, D. C., & Menon, V. (2011). How does a child solve $7 + 8$? Decoding brain activity patterns associated with counting and retrieval strategies. *Developmental science*, 14(5), 989–1001. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01055.x>
- Dehaene, S. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Revista Mathematical cognition*. 11. <https://books.google.com.br/books>.
- Dehaene, S. (2009), Origins of Mathematical Intuitions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156: 232-259. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04469.x>
- Dehaene, S. (2011). *The Number Sense: how the mind creates mathematics* (2. ed). New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pined, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: behavioral and brain-imaging evidence. *Science* (New York, N.Y.), 284(5416), 970–974. <https://doi.org/10.1126/science.284.5416.970>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O (2000). Numerical and Arithmetical Cognition: patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*. 74 (3), 213-239. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2515>.
- Haase, V. G., & Dorneles, B. V.. Aprendizagem numérica em diálogo. *In: Lent, R., Buchweitz, A. & Mota, M.* (orgs.) (2018). *Ciência para Educação: uma ponte entre dois mundos*. São Paulo: Atheneu. 133-160.
- Haase, V. G., Júlio-Costa, A., Santos, F. H. d.. Discalculia do Desenvolvimento. *In: Santos, F. H. d., Andrade, V. M. & Bueno, O.* (2015). *Neuropsicologia Hoje* (2. Ed). Porto Alegre: Artmed, 160-168.
- Heinzen, E. G. *et al.* *Síndrome de Williams: materiales y análisis pragmático*. Valência: AVALCC, 2005.
- Iuculano, T., Rosenberg-Lee, M., Richardson, J. *et al* (2015). Cognitive tutoring induces widespread neuroplasticity and remediates brain function in children with mathematical learning disabilities. *Nat Commun* 6, 8453. <https://doi.org/10.1038/ncomms9453>
- Jolles, D., Supekar, K., Richardson, J., Tenison, C., Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Fuchs, L., & Menon, V. (2016). Reconfiguration of parietal circuits with cognitive tutoring in elementary school

children. *Cortex*; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior, 83, 231–245. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.08.004>

Kaufmann, L., & von Aster, M. (2012). The diagnosis and management of dyscalculia. *Deutsches Arzteblatt international*, 109(45), 767–778. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0767>

Landau, B., Hoffman, J. (2012). *Spatial representation: From gene to mind*. New York, NY: Oxford University Press.

O'Hearn, K., & Landau, B. (2007). Mathematical skill in individuals with Williams syndrome: Evidence from a standardized mathematics battery. *Brain and Cognition*, 64(3), 238–246. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.03.005>

Robinson, S. J., & Temple, C. M. (2015). Dissociations in mathematical knowledge: Case studies in Down's syndrome and Williams syndrome. *Revista Cortex*, 49(2), 534–548. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.11.011>

Santos, F. H. d. (2017). *Discalculia do Desenvolvimento*. São Paulo: Pearson.

Weinstein, M. C. A. (2016). *PROMAT: um roteiro para a sondagem de habilidades matemáticas no Ensino Fundamental*. São Paulo: Casa do Psicólogo.

Yin, R. (2015). *Estudo de Caso: planejamento e métodos* (5. Ed). Porto Alegre: Bookman.

Sobre o Autor

FABIO COLINS

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9138-1712>

Doutor e Mestre em Educação em Ciências e Matemáticas pela Universidade Federal do Pará (UFPA/IEMCI/PPGECM). Especialista em Educação Especial (UCDB-MT) e em Língua Brasileira de Sinais (UCAM-MG). Licenciado em Matemática (UFPA) e Licenciado em Letras (UEPA). Professor Colaborador da Faculdade de Matemática da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Cametá-PA (UFPA). Professor de Matemática e da Educação Especial da Secretaria de Estado de Educação do Pará (SEDUC-PA). Coordenador da Educação Especial da Secretaria Municipal de Educação de São Francisco do Pará (SEMED). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas (Trans)Formação vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará (PPGECM/UFPA). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas em Linguística, Educação e Literatura (LELIT) vinculado à Faculdade de Letras da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Atuou como Professor Formador do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR/UFPA). Atuou, pelo Ministério da Educação, como Avaliador de livros didáticos de Matemática no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD/FNDE/MEC). Atualmente, desenvolve pesquisas e orienta Trabalhos de Conclusão de Curso nas áreas de Educação Matemática, Formação de Professores, Neurociência Cognitiva, Educação Especial, Educação de Surdos e Ensino de Língua Portuguesa.

formador.ufpa@gmail.com

Enviado: 21 jul. 2020

Revisões: 19 fev. 2021

Aprovado: 22 abr. 2021