



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CASTANHAL
FACULDADE DE MATEMÁTICA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA**

ALINE YAMAGISHI DA SILVA

**PREJUÍZOS DA DISCALCULIA ÀS HABILIDADES DA COGNIÇÃO NUMÉRICA:
estudo de caso com uma estudante com TEA**

**CASTANHAL-PA
2025**

ALINE YAMAGISHI DA SILVA

PREJUÍZOS DA DISCALCULIA ÀS HABILIDADES DA COGNIÇÃO NUMÉRICA:
estudo de caso com uma estudante com TEA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à comissão avaliadora da Faculdade de Matemática da Universidade Federal do Pará, campus universitário de Castanhal, sob a orientação do Prof. Dr. Fabio Colins da Silva, como exigência parcial para a obtenção do título de Licenciada em Matemática.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu Jichan, Fujio Yamagishi, que acreditou em mim e foi o único que se orgulhou de ter uma neta professora de matemática, e que gostaria muito que pudesse ainda estar presente até essa fase desse percurso.

Agradeço à minha família pelo suporte nessa trajetória, principalmente, à minha mãe, Nana Yamagishi, que fez tanto por mim e quem amo tanto.

Agradeço ao meu companheiro de vida e meu amor, Leonardo, que me apoiou nos momentos mais difíceis e fez tanto por mim.

Por fim, agradeço ao meu professor orientador, Fabio Colins, pela oportunidade de pesquisa na área, a qual não acreditei que pudesse realizar e ele a fez possível.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 1: ASPECTOS NEUROCOGNITIVOS DA DISCALCULIA NO TEA ...	03
1.1 NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	03
1.2 DISCALCULIA DO DESENVOLVIMENTO	12
1.3 ASPECTOS NEUROCOGNITIVOS DA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA NO TEA.....	13
CAPÍTULO 2: ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	16
2.1 O CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO	17
2.2 O ESTUDO DE CASO ÚNICO.....	18
CAPÍTULO 3: RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	32

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo compreender os prejuízos nas habilidades matemáticas causados pela discalculia no Transtorno do Espectro Autista (TEA), a partir da perspectiva da neurociência cognitiva, especificamente da cognição numérica. Para isso, foi desenvolvido um estudo de caso com uma aluna do 7º ano de uma escola privada de Castanhal-PA. Fundamentada na interdisciplinaridade entre neurociência e educação matemática, a pesquisa abordou os déficits na cognição numérica e suas implicações na aprendizagem matemática. A metodologia incluiu uma revisão bibliográfica e a aplicação do teste PROMAT, que avaliou fatos aritméticos, representação numérica simbólica e não simbólica e transcodificação numérica. Os resultados indicaram prejuízos mais expressivos nos fatos aritméticos, que correspondem ao início da competência cálculo. Enquanto o senso numérico permaneceu preservado, sugerindo dificuldades em etapas mais avançadas do processamento matemático. Foi possível identificar prejuízos também em habilidades do processamento numérico – na linha numérica, na contagem decrescente, na representação simbólica e na transcodificação –, os quais podem acarretar diversos prejuízos posteriores. Portanto, os prejuízos evidenciados nos fatos aritméticos, em parte, devem-se a prejuízos na competência anterior, que é o processamento numérico. A análise evidenciou a necessidade de uma abordagem interdisciplinar para compreender as dificuldades matemáticas de autistas, destacando a carência de estudos que investiguem a relação entre TEA e discalculia. Conclui-se que a integração entre neurociência e educação matemática pode contribuir para estratégias pedagógicas mais eficazes e inclusivas com base nas compreensões oriundas dessa interrelação, promovendo o desenvolvimento acadêmico de alunos autistas e reforçando a importância de um ensino baseado em evidências científicas.

Palavras-chave: Discalculia, Neurociência Cognitiva, Cognição Numérica, Transtorno do Espectro Autista (TEA).

INTRODUÇÃO

Basear a prática educativa em fatos científicos é fundamental para aprimorar o ensino, permitindo compreender os prejuízos educacionais e as necessidades específicas dos alunos por meio de outros campos do conhecimento, como as neurociências. Assim, utiliza-se a ciência para a educação (Lent, 2018), orientando a educação matemática de modo multidisciplinar, com o intuito de entender como se aprende para em seguida direcionar o processo de ensino. Bridi-Filho e Bridi (2016), ao encarar a aprendizagem como o ponto central que integra distintos campos do saber, propõem refletir e problematizar as relações entre a neurologia, a psicologia e a psicopedagogia no processo de aprender, indagando como essas áreas se inter-relacionam, se influenciam e se constituem. De modo similar, busca-se compreender como a neurociência cognitiva se conecta com a educação matemática, estabelecendo as bases para a investigação dos prejuízos na cognição numérica decorrentes da discalculia no TEA.

Dessa perspectiva, o objetivo geral desta pesquisa é compreender os prejuízos nas habilidades matemáticas causados pela discalculia no Transtorno do Espectro Autista (TEA), a partir da perspectiva da neurociência cognitiva. Entre os objetivos específicos, destacou-se a necessidade de revisar a literatura acerca dos temas abordados, aplicar o teste PROMAT e analisar os fatores observados durante sua aplicação para identificar, a partir dos resultados, os prejuízos causados pela discalculia no TEA.

Este estudo foi desenvolvido a partir de um estudo de caso desenvolvido com uma estudante autista do 7º ano do ensino fundamental, em uma escola da rede privada de Castanhal-PA. A problemática central do estudo reside em identificar os prejuízos provocados pela discalculia no TEA, evidenciando a importância de uma abordagem interdisciplinar que integre conhecimentos das neurociências com a educação matemática para identificar as deficiências na cognição numérica.

A justificativa da pesquisa se fundamenta na necessidade de compreender aprofundadamente os aspectos neurocognitivos envolvidos na aprendizagem matemática no TEA a partir de contribuições da interrelação de vários campos do conhecimento. Essas abordagens colaboram para a compreensão de como se desenvolve a cognição numérica no TEA, incluindo seus possíveis prejuízos. Logo,

se busca compreender como se aprende matemática e os prejuízos nesse percurso no TEA, o que proporciona contribuições para o campo da educação matemática, especialmente uma educação inclusiva voltada à discalculia e ao TEA.

O referencial teórico deste estudo apoia-se na integração entre os campos das neurociências, especialmente a neurociência cognitiva, fundamentando a análise das interrelações que permeiam o processo de aprendizagem. Essa base teórica sustenta a análise dos desafios enfrentados pelos estudantes na educação matemática, permitindo compreender como as interações entre essas áreas influenciam o desempenho e a aquisição do conhecimento. Para tanto, a metodologia adotada envolveu uma ampla revisão bibliográfica sobre discalculia, cognição numérica, habilidades matemáticas no autismo e neurociência cognitiva no TEA, seguida da aplicação do teste PROMAT – instrumento que avalia operações básicas, representação numérica, comparação de números, contagem, escrita por extenso e transcodificação – durante o qual foram registrados fatores comportamentais e ambientais, como o tempo de resposta e as mudanças de comportamento observadas nas sessões.

Os resultados indicaram que os prejuízos se concentram primeiramente nos fatos aritméticos e, em segundo lugar, no processamento numérico, evidenciado por dificuldades na linha numérica, contagem decrescente, representação simbólica e transcodificação. Enquanto os subtestes relacionados ao senso numérico permaneceram intactos, sugerindo que os desafios estão presentes em etapas posteriores do processamento matemático. A discussão parte para a relevância da relação emocional com a matemática, que pode desencadear posturas de afastamento e processos inibitórios ao processamento numérico, em decorrência de um sentimento de incapacidade de aprender e à ansiedade matemática.

Conclui-se que é imperativo aprofundar os estudos sobre os prejuízos matemáticos no TEA, com especial foco na interseção entre o TEA e a discalculia, a fim de delinear metodologias de intervenção mais precisas e adaptar as práticas pedagógicas para atender às necessidades específicas desses alunos. Essa abordagem não apenas reforça a importância de uma educação matemática fundamentada em evidências científicas e multidisciplinares, mas também contribui para transformar a perspectiva de impossibilidade de aprendizado, promovendo uma maior afetividade e inclusão no processo educativo.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS NEUROCOGNITIVOS DA DISCALCULIA NO TEA

Nem sempre a manifestação comportamental negativa, em sala de aula, deve-se somente a características advindas de questões psiquiátricas, por vezes, esses comportamentos e posturas apresentados, como falta de atenção, sono, cansaço, postura de recusa ou afastamento da tentativa de aprendizado, podem ocorrer por conta de um sentimento de incapacidade de aprender e a mudança dessas atitudes se dá diante desse sentimento (Bridi-Filho e Bridi, 2016). Com essa compreensão, o educador pode passar a ter uma prática de ensino voltada para transformar essa sensação, por exemplo, com motivações ao êxito do aluno mesmo em tarefas simples. Logo, é perceptível que a compreensão da razão de um comportamento manifestado em sala de aula é muito relevante para se pensar a prática educativa. Para isso, pode-se pautar nas contribuições das neurociências para essa compreensão, como destacado por Lent, Augusto e Malice (2018), a ciência para educação pode basear a educação em fatos científicos para buscar melhorias nos prejuízos educacionais.

Nesse sentido, a pesquisa buscou contribuições da neurociência cognitiva para fazer um elo com a educação matemática, para compreender melhor diversos fenômenos e suas causas. A neurociência cognitiva é uma área da neurociência voltada para processos cognitivos, como os processos mentais de leitura.

1.1 NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

A neurociência cognitiva é um campo interdisciplinar que estuda os processos mentais, como memória, atenção, linguagem e raciocínio, a partir da relação entre o funcionamento do cérebro e o comportamento humano. Com integração de conhecimentos da neurociência e da psicologia cognitiva, essa área busca compreender como estruturas e redes neurais possibilitam a percepção, o pensamento e a aprendizagem. Utilizando métodos como neuroimagem, a neurociência cognitiva investiga como diferentes regiões cerebrais estão envolvidas em habilidades cognitivas e como alterações nessas funções podem impactar a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo, sendo essencial para a educação e

para o entendimento de transtornos como o TEA e a discalculia.

A neurociência enquanto ciência que estuda o neurodesenvolvimento do sistema nervoso central em diversos aspectos (psicológico, biológico, cultural e emocional), se dedica em investigar as bases cerebrais do funcionamento cognitivo. Como um ramo dentro da neurociência, a Neurociência Cognitiva 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). Por isso, as pesquisas no âmbito da Neurociência Cognitiva podem contribuir para a compreensão das mudanças neurocognitivas relacionadas à aprendizagem matemática, além de conceber intervenções que possam favorecer o desenvolvimento de ações pedagógicas na escola (Colins, 2020, p.15).

Entende-se que a educação matemática, quando baseada em descobertas da neurociência, pode potencializar o desenvolvimento da cognição numérica. Uma vez que, a partir da compreensão de como se aprende, que se busca nas neurociências, é possível basear estratégias de ensino de acordo com essa compreensão. Essa fundamentação em compreender tanto o processo de aprendizagem em si, mas também os prejuízos de aprendizagem, têm grande potencial de contribuição para a formação de professores para tornar o ensino mais eficaz e acessível, especialmente para alunos com dificuldades de aprendizagem.

[...] a Neurociência Cognitiva, por meio de suas pesquisas, estabelece uma relação entre as estruturas cerebrais e a cognição que podem contribuir para a educação de modo que os professores possam refletir sobre a sua prática pedagógica. Um exemplo dessa contribuição está no fato de educadores terem a oportunidade de melhor compreender, via resultados de pesquisas em Neurociência Cognitiva, os transtornos específicos da aprendizagem. Isso possibilita identificar estilos individuais de aprendizagem e organizar práticas pedagógicas mais específicas (Colins, 2020, p. 20).

Uma parte da neurociência cognitiva que aborda as habilidades matemáticas é a cognição numérica, como é definida por Santos e Silva (2016) a seguir:

Cognição Numérica é a parte das neurociências que estuda as bases cognitivas, neurais e do desenvolvimento dos números e matemática. É influenciada por fatores biológicos, cognitivos, educacionais e culturais e se constitui de dois sistemas denominados primário e secundário (Santos e Silva, 2016, p. 35).

Portanto, é possível construir uma melhor compreensão de como se aprende e acerca dos prejuízos de aprendizagem matemática a partir da perspectiva da

neurociência cognitiva, e especificamente da cognição numérica, em conjunto com outras contribuições advindas da neuropsicologia, da neurobiologia, da psicologia cognitiva, da neuroanatomia, entre outros campos de conhecimento. Nesse sentido, buscou-se compreender como geralmente o aprendizado matemático ocorre e como se constroem o conceito de número, a aritmética, além dos desenvolvimentos do processamento numérico.

Além disso, outro aspecto considerado foi que regiões cerebrais são associadas ao desenvolvimento da cognição numérica e suas funções, para compreender os prejuízos que podem ocorrer quando essas áreas estiverem afetadas, além de que existem regiões tipicamente afetadas em alguns transtornos e podem afetar diretamente o desempenho matemático que depende dessas regiões.

Logo, com base nessas compreensões, pode-se basear a prática educativa do professor de matemática de uma forma mais efetiva, com uma base mais concreta, entendendo como se aprende e a partir disso melhorando a forma que se ensina. Assim, pode se influenciar a forma de explorar o currículo já existente ou até futuramente aprimorar a organização curricular com base nas contribuições das neurociências.

A cognição numérica foi alicerçada no modelo de código triplo (Dehaene; Cohen, 1995) em conjunto da compreensão dos circuitos cerebrais envolvidos no processamento numérico, a partir desse modelo define-se que a magnitude numérica é uma habilidade de distinguir quantidades não simbólicas sem contar, também chamada de senso numérico; a representação numérica, seria a representação analógica, a que é adotada geralmente é a de números arábicos. ambas estão presentes em ambos os hemisférios, no entanto, essa próxima habilidade só ocorre no hemisfério esquerdo, que é o sistema verbal, o qual faz parte da cognição numérica pois vários desenvolvimentos matemáticos dependem desse ou estão habitualmente relacionadas a esse sistema e os processos iniciais de automatização de conhecimentos matemáticos. Em geral, habilidades matemáticas superiores dependem do sistema verbal, como o próprio cálculo, e Dehaene e Cohen (1995) trouxeram uma revisão de estudos de caso único investigando habilidades matemáticas em casos de lesões, nesses, os casos de lesões no hemisfério esquerdo demonstraram mais prejuízos em fatos aritméticos básicos do que em casos de lesões no hemisfério oposto.

Além disso, Dehaene e Cohen (1995) tratam acerca da transcodificação entre esses 3 sistemas, que é a modificação de um dos 3 códigos para outro. Dessa forma, é possível transcodificar também um número arábico para um número escrito por extenso, por exemplo, o número 3 para a palavra numérica “três” e vice-versa (Bastos, 2015). Um outro exemplo, em uma operação de multiplicação, em que em uma operação dada em números arábicos como 6×2 , Dehaene e Cohen (1995) afirmam que primeiro se transcodifica para o sistema verbal, então se lê “seis vezes dois” e se responde no mesmo código (verbal) com “doze”. Logo, os sistemas de linguagem são importantes para formas de representação de informações matemáticas, como na articulação de palavras numéricas e manipulação de informação na memória de trabalho (Geary, 2004).

A partir de perspectivas da neurociência cognitiva em relação ao desenvolvimento numérico inicial, no qual destacam-se duas perspectivas, uma de que o conceito simbólico de número advém da interação entre representações visuais não quantitativas permitem individualizar elementos até 4 itens e processos verbais recrutados na contagem. A outra perspectiva, por sua vez, aponta que esse processo implementa representações analógicas e imprecisas de numerosidade. (Haase e Dorneles, 2018). Então, entende-se que existem regiões especializadas para o senso numérico, para a representação numérica e para o sistema verbal, no qual somente o último é localizado somente no hemisfério esquerdo e do qual o desenvolvimento matemático depende e se sustenta para processos mais complexos.

A cognição numérica tem domínios primário e secundário, o primário corresponde ao senso numérico, e os secundários ao processamento numérico e ao cálculo. Assim como pode ser observado na figura 1:

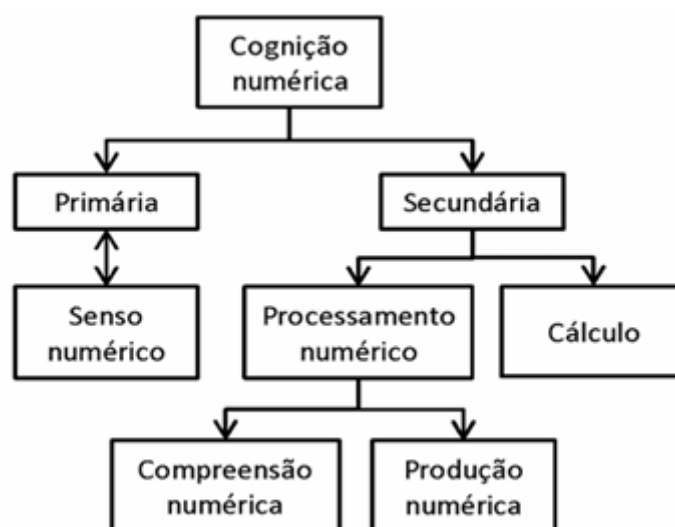


Figura 1 – Segmentação da Cognição Numérica.

Fonte: Santos e Silva, 2016.

O desenvolvimento matemático primário denomina-se senso numérico e baseia-se na magnitude numérica. Esse processo se dá primeiro pela “subtização”, uma contagem de quantidades até 4, que não são ligadas ao sistema verbal e estão presentes no momento de pré-fala (Dehaene e Cohen, 1995; Santos e Silva, 2016; Haase e Dorneles, 2018). Esse é um processo que demonstra o desenvolvimento da magnitude numérica, isto é, de uma identificação de quantidades não simbólica.

Após isso, é possível desenvolver melhor essa habilidade com a interação com o meio e é por meio da interação com objetos que se desenvolve a noção de número associada a noção de quantidades. Então, a associação dessa noção de número com as suas representações simbólicas, que ocorrem a partir do sistema numérico-arábico, os quais têm a sua própria gramática (Geary, 2004), que se desenvolvem os processos de contagem.

A partir dessa representação simbólica, que se pode desenvolver procedimentos e estratégias variadas que caracterizam os processos de contagem inicial com a utilização de objetos de suporte e a contagem de dedos (Haase e Dorneles, 2018; Geary, 2004). Essa contagem inicial pode ser caracterizada primeiro pela contagem desde o número 1 até o último número, que seria o resultado. Essa estratégia de contagem é denominada “*counting all*” (Geary, 2004), que é a contagem desde o primeiro adendo, ou seja, desde o número 1. Na operação, o primeiro número que aparece é chamado de primeiro adendo, e o segundo de segundo adendo.

A outra estratégia de contagem mais comum na aquisição matemática inicial, é a denominada como “*counting on*”, que significa contar a partir do segundo adendo, ou do maior adendo, ou seja, do maior número que aparece na operação. Para que se some a partir do maior número, é necessário compreender a comutatividade da adição, por isso é comum que crianças realizem a contagem seguindo a ordem em que os adendos aparecem (Geary, 2004; Haase e Dorneles, 2018). Assim, a mudança de estratégia de contagem é uma forma em que se indica uma evolução no desenvolvimento da cognição numérica, pois é uma estratégia mais complexa.

Com o desenvolvimento de processos de contagem, pode ocorrer um exercício da memória associativa em que os números contados de forma oralizada podem ser associados à sua representação simbólica em números arábicos, por exemplo, na contagem de 2 mais 2 resultar em 4, a sonoridade da palavra “quatro” pode ser associada a essa operação de adição e, assim, registrada e consolidada na memória de longo prazo. Então, essa resposta passa a ser acessível para uma evocação quando surgir a operação com os mesmos números novamente, sem ter que realizar o processo de contagem. Esse processo é chamado de evocação de fatos aritméticos básicos, ou seja, busca-se da memória de longo prazo respostas para operações com números com adendos menores que 10, esses são os chamados fatos aritméticos básicos.

Então, a mudança de estratégias ou de procedimentos para o desenvolvimento matemático, que inicialmente estão relacionados principalmente aos processos de contagem, indicam uma evolução ou aquisição matemática, ou seja, o desenvolvimento da cognição numérica é observado a partir dessa alteração de estratégia. Por isso, as estratégias apresentadas comumente no início do processo de aprendizagem matemática, quando permanecem ao longo da vida, são consideradas estratégias de resolução imaturas, pois espera-se que já se tenha superado e mudado de estratégia no decorrer da escolarização.

Logo, os processos de automatização dependem da memória de trabalho no sentido de lembrar a resposta, mas não necessariamente de uma forma procedimental. E por isso se tem uma carga cognitiva mais baixa na evocação de respostas. Esse processo de automatização é um dos processos relacionados à fluência no cálculo. Então, durante o processo de aprendizagem matemática, se

busca não apenas uma aquisição matemática (um conhecimento de resolução de problemas de operações), mas também o desenvolvimento de fluência no cálculo.

Os fatos aritméticos básicos correspondem à etapa inicial do que ocorre a partir desses processos de contagem apresentados.

Esse processo de automatização se sustenta na memória de trabalho que “é um espaço virtual de processamento de informações de capacidade limitada, o qual envolve a preservação temporária, resgate e manipulação da informação.” (Haase e Dorneles, 2018).

[...] memória é um evento que pode ser dividido em três fases: a) aquisição, b) consolidação e c) evocação das informações. Outra forma de se referir à fase de aquisição das memórias é de nominá-la simplesmente de aprendizado. Ou seja, só fica gravado aquilo que foi aprendido.” (Riesgo, 2016, p. 249).

O cálculo é um sistema complexo que não é inato e ele tem que usar áreas alternativas como Haase e Dorneles (2018) apontam serem fundamentais para o seu desenvolvimento. Então, no decorrer da escolarização e do desenvolvimento desses procedimentos, estratégias de contagem e dos processos relacionados às funções executivas, como a memória de trabalho, a memória associativa e a memória de longo prazo, constrói-se esse sistema complexo. E a capacidade de utilização dessas funções executivas e o papel do controle inibitório exercem papéis fundamentais para o desenvolvimento das habilidades matemáticas para que se chegue a fluência no cálculo.

Uma habilidade do processamento numérico que se desenvolve durante a aprendizagem matemática inicial é a construção de uma linha numérica mental, que é uma representação visuoespacial de uma representação de magnitude numérica em que ocorre a distribuição dos números no espaço, especificamente em uma linha, que pode, por exemplo, iniciar em 0 e terminar em 100 ou em 1000. Essa habilidade mental pode ser verificada em uma linha numérica física em que se pede para a criança posicionar alguns números do menor para o maior. Comumente essa distribuição dos números ocorre em conformidade com logaritmo natural (\ln), em que os números maiores ficam aglomerados e comprimidos, isso implica na percepção da distância entre os números 91 e 94 como maior que a de 1 e 4 (Geary, 2014). Nessa perspectiva, com a escolarização, a linha numérica tende a ser substituída por uma mais adequada e proporcional em que a diferença entre

números consecutivos é a mesma independente da posição na linha numérica (Geary, 2012; 2014).

O córtex pré-frontal, localizado nos lobos frontais, na aquisição matemática inicial, está relacionado ao processamento mais controlado (Haase e Dorneles, 2018), logo se relaciona com o papel procedimental da memória de trabalho e da atenção (Riesgo, 2016), e com desenvolvimento de estratégias, raciocínio lógico e resolução de problemas (Colins, 2020). Por conta disso, é muito ativado na fase inicial da aquisição matemática em praticamente todas as habilidades matemáticas, pois nessa fase é necessário um processamento controlado, que depois será automatizado (Haase e Dorneles, 2018). As habilidades matemáticas iniciais dependem mais de modo procedimental da memória de trabalho, por isso a região é ativada, em crianças, na execução de algoritmos aritméticos e de contagem, também é ativada no início da evocação de fatos aritméticos, os quais, posteriormente, passam a depender mais do giro angular que, localizado no lobo parietal, têm papel de resgate dos fatos aritméticos de forma automatizada e posterior no desenvolvimento matemático (Haase e Dorneles, 2018).

A região do hipocampo, relacionada à memória associativa, atua no processo de aprendizagem e no resgate de fatos aritméticos (Haase e Dorneles, 2018), ou seja, associa problemas matemáticos com respostas consolidadas na memória de longo prazo. Além disso, essa região é pouco ativada durante erros cometidos em atividades de fatos aritméticos (Haase e Dorneles, 2018). Assim como o córtex pré-frontal, está mais relacionado à evocação de fatos aritméticos na aquisição matemática inicial, pois posteriormente, o giro angular que passa a exercer mais essa função à medida que ocorre a automatização.

O sulco intraparietal, localizado nos lobos parietais, é relacionado a “subtização”, na qual se identificam representações intuitivas e não simbólicas de numerosidade discreta (Haase e Dorneles, 2018), ou seja, identifica a magnitude numérica em menor quantidade na aprendizagem inicial. Em exames de neuroimagem, essa região foi ativada em representações numéricas nos dedos (Haase e Dorneles, 2018), ou seja, está relacionado à contagem nos dedos. Ademais, foi ativada também, em crianças, em tarefas de cálculo, especificamente em cálculos aritméticos simples, em que a região está envolvida no processamento de magnitude numérica, pois se observou que a região permanecia ativa em

cálculos por meio de estimativa, enfatizando a sua relação com a magnitude numérica no seu papel no cálculo.

O giro fusiforme, localizado nos lobos temporais, é primeiro relacionado a habilidades visuais e evoluiu para um processamento visual complexo relacionado à linguagem (Haase e Dorneles, 2018), especificamente à leitura e escrita. No entanto, atua na leitura e na escrita de números também e no reconhecimento de algarismos, isto é, implica na compreensão da semântica da numerosidade (Haase e Dorneles, 2018), ou seja, na interpretação da “gramática” do sistema numérico arábico. Nessa perspectiva, essa região também exerce papel na compreensão do valor posicional dos algarismos, o que dá suporte para o cálculo com múltiplos dígitos (Haase e Dorneles, 2018).

A amígdala é uma região localizada no sistema límbico com papel emocional (Riesgo, 2016), e é ativada pela ansiedade matemática, gerando efeitos inibitórios em outras regiões, destacando o sulco intraparietal e o córtex pré-frontal (Haase e Dorneles, 2018), o que implica prejuízos na memória de trabalho, nas representações espaciais e processos de contagem, em geral prejuízos ligados ao processamento numérico.

A aprendizagem matemática abordada neste capítulo, foi observada como um desenvolvimento linear, pois foi descrito conforme os processos típicos de aprendizagem matemática se desenvolvem, mas é importante ressaltar que o processo de desenvolvimento da cognição numérica não é único. No entanto, os processos de desenvolvimento da área aritmética são cumulativos como Haase e Dorneles (2018) conceituam.

Do ponto de vista da Neurociência Cognitiva, a aprendizagem da aritmética envolve uma organização hierárquica através de trajetórias de desenvolvimento, nas quais cada aquisição é condicionada aos desenvolvimentos antecedentes (Haase e Dorneles, 2018, p. 139).

Então, uma habilidade matemática ou um conhecimento matemático depende de um outro conhecimento ou desenvolvimento de habilidade anterior. E por isso os prejuízos em alguma fase do desenvolvimento matemático podem resultar em um acúmulo de prejuízos posteriores quando não há mudança. Além disso, um prejuízo matemático no início da aritmética pode significar que alguma habilidade das competências e domínios anteriores ao cálculo podem estar prejudicadas.

E os prejuízos matemáticos, quando não há intervenção, não são mudados e podem se tornar graves e crônicos (Santos e Silva, 2016). Eles podem levar a um desenvolvimento de um transtorno de aprendizagem matemático com prejuízos graves e permanentes. Essa deficiência da aprendizagem matemática será explorada na seção seguinte.

1.2 DISCALCULIA DO DESENVOLVIMENTO

A Discalculia é um transtorno de aprendizagem matemática caracterizada, no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (2014), por uma “dificuldade significativa na aprendizagem da matemática em um ou mais de quatro aspectos: senso numérico, memorização de fatos aritméticos, precisão ou fluência de cálculo e precisão no raciocínio aritmético” (código F81.2 na CID-10). A discalculia ocorre em cerca de 3 a 10% da população (Santos e Silva, 2016). Além disso, considera-se a Discalculia como Pura quando não associada a outros transtornos, e como Discalculia Secundária, quando se apresenta simultaneamente a outro transtorno. Apenas um terço das pessoas com Discalculia se enquadra no primeiro caso ((Haase, Júlio-Costa e Santos, 2015). Além disso, as comorbidades com maior prevalência na discalculia são o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), a dislexia, a Síndrome do X Frágil e a Síndrome de Williams-Beuren (Kauffman, 2012; Haase, Júlio-Costa e Santos, 2015).

Devido a isso, é importante também ressaltar que prejuízos matemáticos persistentes são fatores de risco para a discalculia.

Quando graves e persistentes, essas dificuldades impactam de forma negativa no desenvolvimento, justificando a criação de uma categoria nosológica específica, a discalculia do desenvolvimento (DD) (Haase, Júlio-Costa e Santos, 2015, p. 162).

Nessa perspectiva, a falta de transição de habilidades matemáticas iniciais do desenvolvimento da cognição numérica para habilidades posteriores pode ser um fator de risco para discalculia. Logo, percebe-se que o acesso ao diagnóstico e à intervenção são essenciais para esse grupo.

Entre os erros mais comuns apontados como característicos da Discalculia estão os prejuízos na aquisição e na evocação dos fatos aritméticos.

As dificuldades com a aquisição e o resgate dos fatos aritméticos constituem o sintoma mais proeminente. A leitura e a escrita das diversas notações numéricas

também estão comprometidas. Alguns indivíduos apresentam dificuldades adicionais com a discriminação e a estimação rápidas da grandeza de conjuntos de objetos, bem como com orientação temporal e espacial [...] (Haase, Júlio-Costa e Santos, 2015, p. 162).

Além disso, também destacam-se os prejuízos na memória de trabalho em pessoas com discalculia (Haase, Júlio-Costa e Santos, 2015; Haase e Dorneles, 2018). Esse prejuízo se relaciona à capacidade de organização de informações, a atenção, ao resgate da memória, entre outros. Por conta disso, uma das características mais marcantes desse transtorno de aprendizagem é a dificuldade de evocação de fatos aritméticos da memória e de desenvolvimento de procedimentos aritméticos (Haase e Dorneles, 2018). Nesse sentido,

[...] esse grupo de crianças apresenta um progresso mais lento na aquisição e no desenvolvimento dos princípios da contagem e na recuperação de fatos na memória, dificuldades para reter informações na memória de trabalho, alterações no processamento fonológico, bem como dificuldades no desenvolvimento lógico, processos diretamente ligados à compreensão de conteúdos matemáticos. Porém, como destacamos, há evidências de que tais dificuldades são passíveis de intervenção, embora as possibilidades de ajuda ainda sejam pouco conhecidas pela escola. Em outras palavras, tal grupo de crianças não está sendo compreendido na sala de aula e não tem recebido o ensino adequado a suas peculiaridades (Haase e Dorneles, 2018, p. 151-152).

Com isso, a lentidão no progresso de aquisição e desenvolvimento de princípios de contagem e recuperação de fatos aritméticos na Discalculia pode ser interpretada como sinônimo de imaturidade matemática. Portanto, é notável a necessidade de intervenção diante de prejuízos matemáticos intensos e persistentes, e as pesquisas que se dedicam ao entendimento dos prejuízos na cognição numérica são essenciais para que se compreenda melhor esse fenômeno.

1.3 ASPECTOS NEUROCOGNITIVOS DA APRENDIZAGEM MATEMÁTICA NO TEA

Em alguns países, existe um estigma de que pessoas autistas têm habilidades matemáticas superiores. Isso se deve ao fenômeno dos “*savants*” (Aagten-Murphy et al., 2015), que se baseia em autistas com habilidades matemáticas avançadas, denominadas “*hipercalculia*”, ainda que tenham o Coeficiente de Inteligência (QI) abaixo da média (Aagten-Murphy et al., 2015).

Foi possível notar que algumas pesquisas reforçam estigmas de habilidades

matemáticas superiores em autistas que se baseiam em critérios como a complexidade de estratégia de resolução e não a aquisição matemática em si, entre essas destaca-se a de Luculano (2012). Algumas pesquisas posteriores apontaram esses resultados de habilidades superiores no TEA como inconclusivos e aplicaram metodologias com critérios estatísticos de acertos em testes. Nessas pesquisas, resultados contrários aos da pesquisa anterior foram demonstrados, isto é, pesquisas com grupos de autistas e de um grupo de controle, considerados típicos, os autistas tiveram desempenho inferior em todos os testes aplicados (Tonizzio e Usai, 2024; Aagten-Murphy *et al.*, 2015;).

Aagten-Murphy *et al.* (2015) demonstraram que não se observa uma correlação sistemática entre o QI e o desenvolvimento das habilidades de cognição numérica em crianças autistas, sugerindo que as dificuldades na estimativa numérica e no mapeamento simbólico não podem ser explicadas apenas por variações globais na inteligência. Esse achado é crucial, pois evidencia que os desafios matemáticos em crianças com TEA estão mais relacionados a processos específicos de processamento numérico do que a um desempenho cognitivo global.

Esses resultados enfatizam que o TEA pode se desenvolver de forma única em cada indivíduo que o apresenta, além de ser multifatorial, como destacam Becker e Riesgo (2016, p. 135): “os TEA são considerados transtornos complexos, heterogêneos e de etiologia multifatorial”. Logo, a investigação da cognição numérica no autismo é essencial para compreender fatores que influenciam o desempenho matemático nesses indivíduos, possibilitando pensar nas intervenções mais precisas e personalizadas para promover uma aprendizagem matemática mais eficaz.

Outro fator apontado por Aagten-Murphy *et al.* (2015) foi o resultado muito mais baixo em tarefas de representação não simbólica que nas simbólicas, entre os autistas. Além disso, a pesquisa teve como resultado uma tendência à discalculia em 32% a 40% do grupo de autistas, o que indica uma possível relação entre a Discalculia e o TEA.

É comum que pessoas com TEA apresentem de 2 a 5 comorbidades (Riesgo, 2016), entre as comorbidades de maior prevalência estão três das quatro comorbidades associadas à Discalculia, o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), a Síndrome do X Frágil e a Síndrome de Williams-Beuren

(Riesgo, 2016). E a dislexia, quarta comorbidade mais associada à discalculia, também é uma comorbidade com bastante incidência no TEA. Isso desencadeia uma possível relação indireta entre o TEA e a discalculia, visto que todas as comorbidades observadas comumente na discalculia estão também presentes em muitas pessoas com TEA.

Algumas regiões do cérebro são apontadas como afetadas no TEA; entre elas, destacam-se os lobos frontais, temporais, occipitais e parietais, além do cerebelo e do sistema límbico (Riesgo, 2016). Portanto, podem ocorrer disfunções em suas funções, como em funções executivas, memória de trabalho, atenção, linguagem expressiva, processamento auditivo, compreensão da linguagem, memória de curto prazo, aprendizagem verbal e espacial, aprendizagem, linguagem, cognição, percepções espaciais e visuais, impulso e afeto. Esses prejuízos podem afetar diretamente as habilidades matemáticas, visto que tanto as funções quanto essas regiões são relacionadas ao desenvolvimento da cognição numérica.

Portanto, entende-se que existe uma possível relação entre o TEA e a Discalculia, essa associação ainda não é conclusiva, e isso enfatiza a necessidade de pesquisas que investiguem a cognição numérica no TEA.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Esta pesquisa teve como objetivo compreender os prejuízos nas habilidades matemáticas em uma aluna autista do 7º ano do ensino fundamental. Para isso, foram utilizados os resultados do teste PROMAT, que foram analisados a partir da perspectiva da neurociência cognitiva. Trata-se de uma pesquisa qualitativa que analisa os resultados da aplicação de um “protocolo avaliativo da Cognição Numérica, ou seja, o teste de desempenho das habilidades matemáticas PROMAT, de uso não restrito a psicólogos e a neurocientistas.” (Colins, 2020, p. 48).

Os resultados do teste são analisados a partir da metodologia de análise de conteúdo (Bardin, 2004) e à luz das relações entre as teorias das neurociências e a educação matemática, especialmente a inclusiva. Ao articular esses campos de conhecimento, tais conexões permitiram uma melhor compreensão acerca da aprendizagem matemática no TEA, o que destaca a relevância da postura de relacionar diferentes áreas e de trazer contribuições de outros campos para compreender melhor o processo de aprendizagem (Lent, 2018), além de contribuir para fundamentar uma prática pedagógica matemática inclusiva para autistas.

Como se apresenta o aprendizado matemático em autistas ao longo da vida e a exploração científica da cognição numérica especificamente no TEA foram tópicos não encontrados e esse foi o maior desafio do trabalho, pois pouco existe acerca do desenvolvimento matemático em autistas, existem mais pesquisas que aplicam testes apenas para fazer cortes de desempenho. Dessa forma, a interpretação foi baseada na associação entre a neuroanatomia no TEA e a neuroanatomia típica indicada como regiões ativadas em uso de habilidades matemáticas, tópico apresentado no primeiro tópico do referencial teórico, além da interpretação das pesquisas encontradas com esses cortes de desempenho de grupo de autistas e grupos típicos.

O tema investigado foi a cognição numérica no TEA com base na neurociência cognitiva, pois não foram encontradas pesquisas no âmbito educacional voltadas para esse tema, conforme evidenciado em buscas nas plataformas CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Google acadêmico e Scielo. Devido a isso, baseou-se em pesquisas advindas de plataformas voltadas para estudos das neurociências, como a Elsevier,

a PubMed e a Medline.

Com base nessas articulações e na identificação de habilidades matemáticas prejudicadas na aluna, foram investigados esses prejuízos sob as perspectivas da neurociência cognitiva. Assim, realizou-se um estudo de caso único para identificar e compreender de modo mais aprofundado o objetivo da pesquisa (Yin, 2015).

2.1 O CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO

A partir do conhecimento de uma aluna com TEA de grau moderado (nível II de suporte) com dificuldades matemáticas que estuda em um colégio da rede particular, na qual tem acesso a boa escolarização, surgiu o interesse de investigar as habilidades matemáticas da aluna, visto que essa também tem acesso a uma equipe de profissionais que lhe dão suporte. Por conta desses elementos, esperar-se-ia um menor impacto do TEA sobre suas habilidades matemáticas. Logo, entende-se que os prejuízos nas suas habilidades matemáticas que persistirem se devem consideravelmente às influências do TEA sobre a cognição numérica da aluna. Devido a isso, buscou-se identificar e investigar os prejuízos causados pelo TEA no desenvolvimento da cognição numérica de uma aluna no 7º ano do ensino fundamental em um colégio de rede privada, para se investigar de forma mais aprofundada e específica, como Yin (2015) aponta que é fundamental para um estudo de caso único.

Os transtornos apresentados no laudo da aluna são o TEA, o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e o Transtorno Opositivo Desafiador (TOD). Ela realizava acompanhamento com vários profissionais, entre eles estão neuropsicólogo, psicólogo, psiquiatra, psicopedagoga, fonoaudióloga e terapeuta ocupacional. Além disso, fazia reforço escolar e era acompanhada por uma mediadora durante as aulas na escola, mas não recebe atendimento educacional especializado no contraturno escolar.

De acordo com a análise de seu histórico escolar, a aluna costumava tirar notas boas em todas as disciplinas. Na escola, suas avaliações eram adaptadas e a equipe pedagógica tinha acesso e ciência do laudo e da avaliação neuropsicológica da aluna, na qual há recomendações para guiar a prática pedagógica com ela. Ademais, a partir dessa avaliação neuropsicológica, foi possível verificar que a aluna

apresenta a memória de trabalho e o controle inibitório deficitários, processos fundamentais no desenvolvimento da cognição numérica.

Diante dessas informações coletadas na primeira etapa do desenvolvimento desta pesquisa, foi possível estabelecer o estudo de caso.

2.2 O ESTUDO DE CASO

Um profissional qualificado para aplicação do teste PROMAT (Weinstein, 2016), o qual investiga as habilidades matemáticas e identifica prejuízos na cognição numérica, e a partir disso pode proporcionar diagnóstico de uma disfunção da aprendizagem matemática, a Discalculia. Esse teste foi selecionado para que se investigue o desempenho de forma padronizada e mediante critérios comportamentais, como é apontado como fundamental para o diagnóstico de Discalculia.

Como não existem marcadores biológicos ou cognitivos confiáveis, o diagnóstico é operacionalizado mediante critérios comportamentais. Conforme o DSM-5 (APA, 2013), o diagnóstico prescinde de uma avaliação neuropsicológica e se fundamenta na clínica e no escore em algum teste padronizado de desempenho (Haase, Júlio-Costa e Santos, 2015, p. 166).

A aplicação do teste foi acompanhada e analisada e os resultados foram registrados para serem analisados nessa pesquisa. Foram realizadas duas sessões de cerca de 30 minutos cada uma para aplicação dos testes. As sessões ocorreram na Sala de Recursos Multifuncionais e com a mediadora da aluna presente, mas sem interferências dessa profissional. Não havia estímulos concorrentes durante o teste e foi dada liberdade para a aluna realizar o teste da forma que lhe fosse confortável desde a escolha de material para registrar suas respostas até a comunicação da aluna sobre qualquer assunto com as pessoas presentes na sala a qualquer momento do teste. Em decorrência dessa postura tomada, houve algumas poucas interrupções da aluna com suas distrações durante ambas as sessões, e tratava-se de assuntos relacionados a entretenimento, como desenhos animados.

Analisou-se o tempo de resposta para cada teste e o comportamento da participante durante a sessão. Foram dados materiais para registrar suas respostas e para utilizar de suporte para desenvolver cálculos se quisesse nos testes que não eram voltados para respostas orais rápidas ou que a participante tivesse que apontar rapidamente para comparar quantidade de pontos em conjuntos. Os

materiais eram papéis, lápis, caneta e borracha.

Na primeira sessão, as tarefas do teste tinham fim de investigar os fatos aritméticos básicos da aluna, uma habilidade pertencente ao último domínio da cognição numérica, o cálculo. A aluna obteve 29 erros e 1 acerto do total de 30 testes, ou seja, cerca de 97% de erros. O teste era composto por tarefas de adição e de subtração de números de até dois dígitos, mas majoritariamente eram operações com números de dígitos únicos. A partir da quantidade elevada de erros, partiu-se para investigar domínios da cognição numérica anteriores ao cálculo, o senso numérico e processamento numérico. Na segunda sessão, foram investigadas a representação numérica simbólica e a não simbólica, a linha numérica, a magnitude numérica, a comparação entre números, a contagem crescente e decrescente, a escrita por extenso de números apresentados em indo arábicos, e a transcodificação de números escritos por extenso para escrita de números arábicos.

A figura abaixo ilustra uma das tarefas do teste PROMAT que avalia o domínio representação numérica, um subteste do teste.

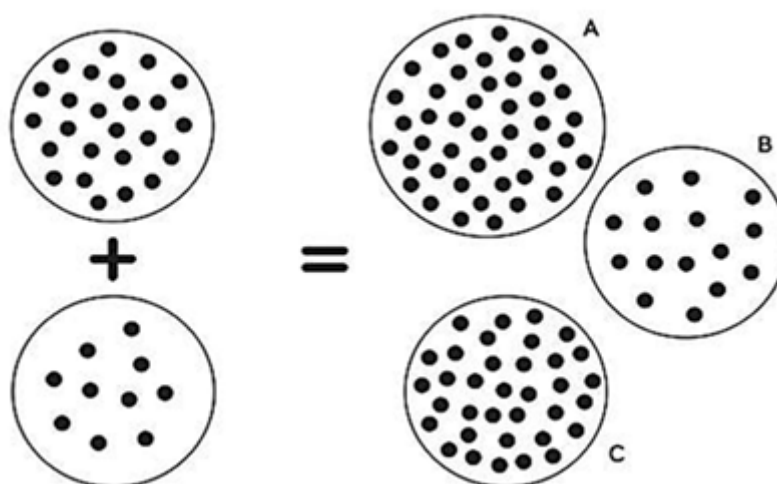


Figura 2 – Item do Subteste de Representação Numérica

Fonte: Weinstein, 2016.

A figura 2 demonstra um dos itens do subteste de Representação Numérica, em que a participante deveria apontar para o conjunto que acredite que represente a soma dos pontos dos dois primeiros conjuntos, sem contá-los. Esse teste avalia a capacidade de estimação de uma representação não simbólica, essa habilidade faz parte da investigação da magnitude numérica e da representação não simbólica de quantidades. Os resultados mostraram que a aluna não demonstrou prejuízos nos itens relacionados à representação numérica não simbólica como o da figura.

Foram demonstrados prejuízos na linha numérica, na contagem decrescente, na representação simbólica e na transcodificação de alguns números. Logo, foram identificados prejuízos, principalmente, no processamento numérico, a competência diretamente anterior ao domínio cálculo. Já nos subtestes relacionados ao senso numérico – o domínio primário da cognição numérica – a aluna não apresentou prejuízos, indicando que esse domínio se manteve intacto.

Diante desses resultados somados à revisão de literatura realizada acerca dos tópicos necessários para investigação, pode-se organizar e analisar os resultados sob a análise de conteúdo de Bardin (2004) e pode-se aprofundar na investigação do estudo de caso único da discalculia no TEA.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se a aplicação do teste PROMAT (Weinstein, 2016) com intuito de investigar habilidades matemáticas da aluna, primeiramente, de forma direcionada a investigar a evocação de fatos aritméticos básicos, uma competência do domínio do cálculo. Apesar da participante estar no 7º ano do ensino fundamental, aplicou-se o teste voltado às habilidades de evocação do 1º ao 3º ano do ensino fundamental, direcionado a investigar suas habilidades de cálculo desde subtestes voltados para anos iniciais. Nessa investigação inicial a participante obteve desempenho muito abaixo do esperado para uma aluna de 7º ano, na qual ela teve apenas 1 acerto do total de 30 tarefas. À vista disso, aplicou-se o segundo subteste para investigar as origens desses prejuízos tão evidentes no cálculo na primeira sessão, no qual se investigou o senso numérico e o processamento numérico, domínios anteriores ao cálculo.

A primeira sessão do teste PROMAT, voltada ao subteste de fatos numéricos, foi dividida em 3 etapas, cada uma com instruções diferentes para as tarefas a fim de analisar o tempo de resposta e as estratégias de resolução. Na primeira etapa, as tarefas foram apresentadas oralmente e as respostas também eram orais, mas a aluna podia usar os materiais de suporte para realizar o cálculo se quisesse.

Na segunda etapa, as instruções eram as mesmas, mas a aluna devia explicar seu método de resolução, o que não foi lhe solicitado na etapa anterior. Na terceira etapa, foi solicitado à aluna que respondesse o mais rápido que pudesse e, sem informá-la, registrou-se o tempo de resposta para cada tarefa e conferiu-se se ela passava de 5 segundos para responder. Quando a aluna não passava de 5 segundos, pontuava e se passava ela tinha 1 minuto para responder, mas já não pontuava mais.

A figura abaixo ilustra um dos erros cometidos pela aluna na primeira etapa do subteste.

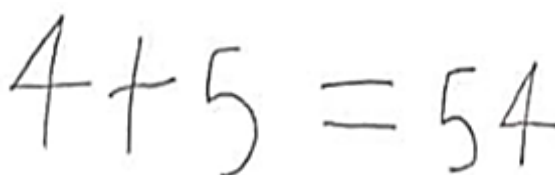
A photograph of a handwritten mathematical equation on a white background. The equation is $4 + 5 = 54$. The numbers and symbols are written in a simple, slightly slanted cursive style. The '4' is on the left, followed by a plus sign, then a '5', an equals sign, and finally a '54' on the right.

Figura 3 – Teste de adição do PROMAT

Fonte: Arquivo de Pesquisa, 2024.

Esse foi o segundo item apresentado à aluna, durante a etapa em que não precisava explicar sua estratégia de resolução e deveria responder oralmente. Nesse item, a participante demonstrou uma tentativa de associação entre os números para encontrar a resposta, o que demonstra uma ausência de registro na memória de longo prazo da resposta para a operação que lhe foi apresentada de forma oralizada em formato de pergunta utilizando o termo “quanto é” para que seja mais fácil de se acessar o registro da memória de longo prazo, se ela a obtivesse. Segundo Colins (2020), esse termo favorece a evocação da resposta em crianças por reconhecerem, inicialmente, o conceito de número e de quantidades a partir do uso desse termo.

Além disso, em todas as 3 etapas do subteste, a participante cometeu outros erros sem um padrão específico de tentativa de associação para estabelecer a resposta, como foi observado na resolução do item anterior.



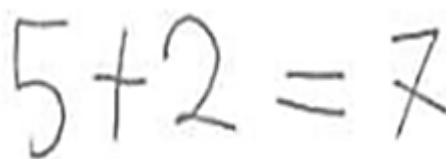
A handwritten arithmetic equation in black ink on a white background. The equation is $3 + 2 = 33$. The numbers and symbols are written in a simple, slightly irregular cursive style.

Figura 4 – Teste de evocação de fato aritmético do PROMAT

Fonte: Arquivo de Pesquisa, 2024.

O prejuízo observado na evocação de respostas de operações na memória de longo prazo, ou seja, na recuperação de fatos aritméticos básicos, pode indicar uma disfunção no hipocampo, visto que a região é responsável pela consolidação de informações na memória de longo prazo (Haase e Dorneles, 2018) e essa região é apontada por Riesgo (2016) como afetada no TEA.

De modo geral, a participante obteve 3% de desempenho nesse primeiro subteste aplicado, o que corresponde a um acerto em 30 tarefas. A figura abaixo ilustra a resposta registrada do único acerto da participante:



A handwritten arithmetic equation in black ink on a white background. The equation is $5 + 2 = 7$. The numbers and symbols are written in a simple, slightly irregular cursive style.

Figura 5 – Teste de evocação de fato aritmético do PROMAT

Fonte: Arquivo de Pesquisa, 2024.

Ao explicar como calculou, a participante respondeu apenas que havia

contado nos dedos de forma ágil e precisa. Nota-se que a aluna recorreu à estratégia de contagem nos dedos de forma automática nessa única vez que a utilizou, mas não a utilizou mais durante o restante da sessão. Essa metodologia é interpretada como uma estratégia imatura de resolução, pois é mais comumente utilizada no início do desenvolvimento matemático da cognição numérica (Geary, 2004; Haase e Dorneles, 2018). Essa estratégia supracitada é comumente também utilizada por crianças com deficiência na aprendizagem matemática (Geary, 2004; Haase e Dorneles, 2018), ou seja, com discalculia.

Percebeu-se que todos os erros cometidos pela aluna ocorreram ao utilizar a estratégia de recordação, mesmo que a aluna se esforçasse muito para tentar lembrar a resposta e ainda sim, insistia em utilizar essa estratégia. Essa estratégia de resolução que a aluna utilizou foi interpretada como recordação e não um cálculo mental, mesmo com a resposta da participante que resolveu “contando”, “sabendo” e “lembrando”, pois não utilizava papel de suporte para a resolução.

No início do primeiro subteste a aluna demonstrava-se com disposição e confortável para realizar o teste, mas, com cerca de 10 minutos, começou a demonstrar sinais de sono e cansaço, nesse período ela já tinha feito seu primeiro acerto, na qual a aluna recorreu ao processo de contagem nos dedos ao invés de utilizar a estratégia de recordação somente essa vez.

Entende-se, então, que a aluna não automatizou esses processos e por isso não consegue resgatá-los da memória de longo prazo. Isso indica que a aprendizagem relacionada aos fatos aritméticos iniciais não se desenvolveu como deveria ainda, por mais que tenha o conhecimento de, pelo menos, um procedimento de resolução, que é a contagem, mas não recorre a esse. As regiões do córtex pré-frontal e do hipocampo têm papel de aquisição e resgate inicial dos fatos aritméticos (Haase e Dorneles, 2018) e, portanto, podem ser regiões afetadas, visto que também são regiões apontadas como afetadas no TEA (Riesgo, 2016).

Além disso, a aluna demonstrou muito mais cansaço na primeira sessão que na segunda. O tempo de resposta da participante era maior em alguns itens, mesmo que o tipo e o nível da tarefa não variassem muito. O tempo de resposta da aluna variava principalmente quando ela demonstrava sinais de desinteresse e cansaço, demorando mais para responder e se distraindo com frequência.

Nesse caso, interpreta-se que a aluna tem prejuízos em algum domínio

anterior ao cálculo, visto que desempenhou extremamente abaixo do esperado em tarefas de análise de habilidades mais iniciais do cálculo, ainda mais que no seu único acerto ela utilizou uma estratégia imatura e de uso comum por crianças com Discalculia, as quais apresentam um progresso mais lento no desenvolvimento e na aquisição matemática (Haase e Dorneles, 2018). Devido a esses fatores, interpreta-se que a aluna apresenta indícios de Discalculia por conta de sinais de imaturidade no desenvolvimento da cognição numérica da participante, ademais, outros sinais associados a isso também foram observados na segunda sessão e serão explorados posteriormente. Além disso, a evocação de fatos aritméticos é apontada como uma habilidade afetada pela Discalculia e esse fenômeno pode estar relacionado a um prejuízo na própria memória de trabalho, mas também a prejuízos na representação numérica.

Enquanto a recuperação de fatos na memória de longo prazo, associada ao funcionamento da memória de trabalho, foi apontada como uma das habilidades mais prejudicadas nas crianças com dificuldades de aprendizagem na matemática por um grupo de pesquisadores, outros sugeriram que as dificuldades na recuperação dos fatos numéricos seriam devidas a uma representação empobrecida dos números na memória de longo prazo, oriunda de duas dimensões: ou de dificuldades nos processos fonológicos ou de um senso numérico pouco desenvolvido, senso numérico entendido aqui como a representação de vários aspectos do número e do sistema numérico. Em outras palavras, com uma memória de trabalho limitada, usando estratégias de contagem primitivas e com dificuldades para reter informações, essas crianças facilmente esquecem parte da operação que está sendo realizada e têm mais dificuldade para armazenar o resultado encontrado (correto ou não). (Haase e Dorneles, 2018, p. 147-148).

Podem ser observados problemas de autorrealização e memória autobiográfica, habilidade apontada como afetada no TEA por Riesgo (2016), e afetam na utilização da estratégia de recordação, pois ainda que a participante cometa erros ela parece não notá-los, logo, não os corrige. Então, por vezes ela pode acertar com a evocação de fatos aritméticos a partir da memória de longo prazo, mas na maioria extensiva das vezes ocorrem mais erros que acertos.

Em suma, a participante utiliza corretamente a habilidade de contagem, mesmo que imaturamente utilizando os dedos e fazendo contagem desde o primeiro adendo. No entanto, não utiliza essa estratégia com frequência, logo pode-se interpretar uma imaturidade na compreensão e no desenvolvimento de procedimentos, pois ela não identifica que pode se ancorar nessa estratégia por ser bem sucedida e ainda utiliza com maior frequência a estratégia em que comete mais

erros e parece não notar essa falta de efetividade da busca na memória de longo prazo das respostas, que parecem que não foram devidamente registradas e por isso ela não consegue acessar respostas corretas, apenas faz associações que não parecem seguir nenhum padrão para responder, ou seja, não tem precisão alguma na evocação dos fatos aritméticos.

Diante dessa perspectiva geral dos prejuízos na cognição numérica da participante, há evidências suficientes para que se entenda também a possibilidade de haver ainda prejuízos anteriores ao cálculo, que facilitem compreender a origem dos prejuízos graves no início do desenvolvimento desse domínio demonstrado na investigação realizada na primeira sessão, característicos da Discalculia, como Haase e Dorneles apontam:

De todo modo, já se acumulam evidências de que esse grupo de crianças apresenta um progresso mais lento na aquisição e no desenvolvimento dos princípios da contagem e na recuperação de fatos na memória, dificuldades para reter informações na memória de trabalho, alterações no processamento fonológico, bem como dificuldades no desenvolvimento lógico, processos diretamente ligados à compreensão de conteúdos matemáticos (Haase e Dorneles, 2018, p. 151).

Na segunda sessão do teste PROMAT, voltada para o subtteste de representação numérica, verificou-se os domínios senso numérico e processamento numérico. Uma habilidade que se verificou prejuízo foi a linha numérica como a figura abaixo ilustra.

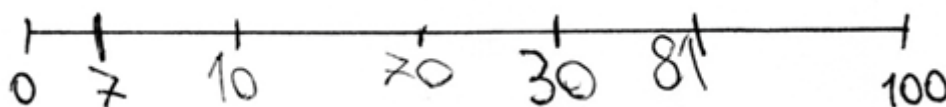


Figura 6 – Teste de Linha Numérica do PROMAT

Fonte: Arquivo de Pesquisa, 2024.

Esse subtteste investigou uma habilidade visuoespacial ligada à representação da magnitude numérica através de números arábicos distribuídos em uma linha, que foi essencial para compreender como a participante distribuiu os números no espaço e entender suas implicações. Foram apresentados, na respectiva ordem, os números 7, 70, 30, 10 e 81, para a aluna distribuí-los, do menor para o maior, em uma linha que inicia em 0 e termina em 100. Durante o processo de aprendizagem matemática, desenvolve-se uma linha numérica mental, no mesmo sentido que a apresentada na tarefa do subtteste, o qual a investiga

através de uma linha numérica física em que se representa essa linha numérica mental.

Primeiramente, essa linha se distribui em uma escala logarítmica (logaritmo natural), e é chamada de linha numérica natural (Geary, 2012), essa não segue um padrão adequado de proporção. A linha numérica da aluna se demonstrou afetada e parece ainda seguir a linha numérica natural da participante, isso pode trazer implicações para processos de contagem não automatizados, visto que, sem a aquisição de uma linha numérica adequada, a aluna demonstra não compreender, por exemplo, que a distância do número 7 ao 0 é a mesma do número 93 ao 100, ou ainda, a que dois números consecutivos são equidistantes, independentemente de onde estejam na linha. Nesse sentido, essa habilidade explora tanto a magnitude numérica, quanto a representação numérica espacial, e ainda tem consequências diretas em processos de contagem. Por conta disso, pode-se apontar a região como relacionada aos lobos parietais, que são regiões afetadas no TEA e envolvidas na percepção visual (Riesgo, 2016). Além disso, uma região dos lobos parietais, o sulco intraparietal, é relacionada também ao processamento da magnitude numérica e aos processos de contagem (Haase e Dorneles, 2018). Logo, a partir dos prejuízos observados nos resultados da participante, interpreta-se essas regiões supracitadas como possivelmente afetadas.

Nessa segunda sessão, a maior dificuldade apresentada pela aluna foi nos processos de contagem não automatizados. A participante não conseguiu fazer contagens de 2 em 2 números, de 5 em 5 números e decrescente. Já na contagem crescente de 1 em 1, ela desempenhou perfeitamente, o que demonstra prejuízos nos processos inibitórios, isto é, os processos automatizados não são inibidos e isso gerou a falha em processos de contagem diferentes dos que a aluna já está acostumada. Esse prejuízo se relaciona também com a memória de trabalho, visto que a participante não conseguiu organizar as informações numéricas para realizar as contagens. Percebe-se ainda, que os processos de contagem podem ter sido afetados por conta dos prejuízos na linha numérica da participante, visto que a não compreensão da equidistância entre números distintos implica na compreensão necessária para realizar esse tipo de tarefa de contagem.

Nestas tarefas do segundo subtteste, a participante teve mais distrações e pouca disposição para realizar as contagens não automatizadas, apesar de ter feito

várias tentativas malsucedidas e, por fim, disse que não conseguia realizá-las. Nessa perspectiva, entende-se que os comportamentos da participante nessas tarefas de contagem refletem uma dificuldade ligada a sua relação com a aprendizagem matemática, que pode ser afetada tanto pela ansiedade à matemática, quanto por um sentimento de incapacidade de aprender (Bridi-Filho e Bridi, 2016).

Devido a isso, aponta-se um possível prejuízo na região do córtex pré-frontal, que atua como responsável pelo processamento controlado baseado na memória de trabalho (Haase e Dorneles, 2018), para realizar tarefas não automatizadas e é ativado em crianças na execução de algoritmos de contagem (Colins, 2020). Além disso, o sulco intraparietal também se relaciona a processos de contagem, em que é responsável pelo processamento de magnitude numérica. A amígdala é ligada à ansiedade matemática, que ativa processos inibitórios ao processamento numérico do córtex pré-frontal e do sulco intraparietal (Haase e Dorneles, 2018). Logo, a dificuldade da aluna nessa tarefa, parece decorrer de dificuldades intrínsecas ao processamento numérico e à inibição de regiões responsáveis por esse processamento.

No subteste de transcodificação numérica, a aluna cometeu um erro comum a crianças nos anos iniciais de desenvolvimento da cognição numérica, o escalonamento (Geary, 2004; Haase e Dorneles, 2018), que se trata de adicionar zeros ao número, como foi demonstrado na escrita em números arábicos da aluna, para o número 1089 apresentado de forma oral e que a aluna registrou como 100089. Esse é mais um sinal de imaturidade matemática apresentado pela participante, pois esse erro é comum nos anos iniciais de aprendizagem matemática. Esse erro cometido nesse subteste está relacionado ao valor posicional do algarismo (Haase e Dorneles, 2018) e por isso adiciona algarismos desnecessários por não compreender que o algarismo 1 já representa o valor 1000. O giro fusiforme é a região responsável por essa compreensão e é uma região que pode ser afetada pelo TEA (Riesgo, 2016), o que implica que o erro cometido pode ter ocorrido por essa região estar afetada na participante.

Percebeu-se que a participante teve tendência a usar a memória de trabalho e memória associativa mais intensamente durante o primeiro teste do que no segundo, exceto nas tarefas de contagem. Nessas tarefas das duas sessões, a

participante cometeu o maior índice de erros, nas quais teve mais distrações e demonstrou mais cansaço também. Além disso, outro fator comportamental analisado durante essas tarefas, foi a postura de afastamento que a participante demonstrou, ou seja, o seu desinteresse em realizar essas tarefas.

A ansiedade matemática ativa processos inibitórios ao processamento numérico e desencadeia um pior desempenho matemático (Haase e Dorneles, 2018), além de poder estar relacionada aos fatores comportamentais negativos ao realizar tarefas matemáticas, como a postura de afastamento e a falta de afetividade à aprendizagem matemática, os quais ocorrem devido ao sentimento de impossibilidade de aprender (Bridi-Filho e Bridi, 2016). Logo, ressalta-se a relevância da relação emocional para os processos de aquisição matemática, destacando a relevância de alterar o sentimento de impossibilidade de aprendizagem como necessidade primária para uma adequação ou intervenção nos prejuízos matemáticos.

Sob essa perspectiva, verificaram-se prejuízos ao cálculo na primeira sessão, e na segunda, investigou-se domínios anteriores ao cálculo e verificaram-se prejuízos apenas no domínio do processamento numérico e uma conservação da representação numérica não simbólica, a magnitude numérica. Entende-se, então, que esses prejuízos no processamento numérico podem ter causado os graves prejuízos nos fatos aritméticos e ainda que as habilidades matemáticas que foram conservadas na aluna foram as mais iniciais do desenvolvimento da cognição numérica, o que denota características de um aprendizado ainda muito inicial incompatível com seu nível de escolarização, uma evidência de transtorno de aprendizagem matemática, a Discalculia.

Além disso, essa preservação da magnitude numérica e prejuízo no processamento numérico é uma das possibilidades de desempenho característico da Discalculia secundária. Logo, a Discalculia no TEA pode ter afetado áreas mencionadas relacionadas tanto à própria Discalculia quanto à sua ocorrência simultânea com o TEA e observou-se os aspectos e configurações causados pela Discalculia nessa participante especificamente, visto que tanto a Discalculia quanto o Transtorno do espectro Autista são multifatoriais e se manifestam de forma única em cada indivíduo.

À luz desses achados, portanto, pôde-se identificar e compreender

aprofundadamente os prejuízos causados pela Discalculia no TEA na cognição numérica investigada da participante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida atingiu seu objetivo geral, ao compreender os prejuízos causados pela discalculia em um caso de TEA sob a perspectiva da neurociência cognitiva. A partir da revisão da literatura, foi possível fundamentar a relevância de investigar a discalculia e os prejuízos nas habilidades matemáticas em indivíduos com TEA, destacando como os aspectos neurocognitivos — sobretudo aqueles ligados à cognição numérica — podem interferir significativamente no desempenho matemático.

O estudo buscou, de maneira específica, revisitar os conceitos de discalculia, cognição numérica, habilidades matemáticas no autismo e neurociência cognitiva, evidenciando que a discalculia é uma disfunção multifatorial. Dessa forma, qualquer comprometimento em aspectos neurocognitivos, que influenciam a cognição numérica, pode gerar prejuízos consideráveis e, conseqüentemente, requerer intervenções pedagógicas específicas. A aplicação do teste PROMAT permitiu não apenas a identificação dos prejuízos nas habilidades matemáticas da aluna, mas também a observação dos fatores comportamentais e ambientais que influenciaram suas respostas, como o tempo de resposta e as mudanças comportamentais durante as sessões de aplicação. Ainda se destacou, com a análise comportamental, a relevância primária da mudança do sentimento de impossibilidade de aprendizagem para transformar a postura e a relação emocional com a aprendizagem matemática.

A análise dos resultados evidenciou uma relação direta entre os comportamentos observados e as dificuldades apresentadas, reforçando a importância de se adotar uma abordagem integrada entre os aspectos neurocognitivos e as práticas pedagógicas. Ao comparar os resultados obtidos com a revisão de literatura, constatou-se que os prejuízos identificados convergem com o que é apontado em estudos sobre discalculia e cognição numérica, ressaltando a singularidade do TEA, uma vez que cada indivíduo manifesta o transtorno de forma única.

Além da necessidade geral de pesquisas que investiguem o desenvolvimento da cognição numérica no TEA – considerando que os estudos atuais se concentram mais em avaliar o desempenho por meio de métodos comparativos entre indivíduos

típicos e autistas do que em analisar diretamente as características da cognição numérica no autismo – foram encontrados indícios de associação entre discalculia e TEA. Contudo, essa associação ainda não é o foco principal das pesquisas, que, em sua maioria, se restringem a análises estatísticas e aplicação de testes para comparar grupos, sem explorar de forma aprofundada os processos de aprendizagem matemática e os aspectos neurocognitivos específicos do TEA.

Dessa forma, torna-se fundamental a realização de pesquisas longitudinais que investiguem a cognição numérica no TEA, bem como estudos que utilizem técnicas de neuroimagem para identificar quais regiões cerebrais são mais afetadas negativamente, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos matemáticos e da possível associação entre TEA e discalculia.

Ademais, a pesquisa ressalta a relevância de considerar as perspectivas da cognição numérica na formação de licenciados em Matemática, uma vez que o conhecimento aprofundado sobre o funcionamento do cérebro e dos processos de aprendizagem pode orientar a elaboração de metodologias e estratégias de intervenção mais inclusivas. Essa integração entre a neurociência e as práticas pedagógicas não só contribui para a compreensão das necessidades específicas dos alunos com TEA e discalculia, mas também amplia as possibilidades de adaptação e inovação no ensino, promovendo uma educação verdadeiramente inclusiva.

Por fim, as limitações inerentes a um estudo de caso único foram reconhecidas, o que impede a realização de generalizações estatísticas. No entanto, os achados contribuem para a reflexão sobre os desafios e as necessidades de intervenção na aprendizagem matemática em contextos de TEA e discalculia, apontando para a necessidade de pesquisas futuras com amostras mais amplas e de abordagens multidisciplinares que possam aprofundar essa compreensão.

REFERÊNCIAS

AAGEN-MURPHY, David et al. **Numerical estimation in children with autism**. Munichen, Germany, 2015.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

BARDIN, Laurence.. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70 **Análise de Conteúdo**, 2011.

BULLEN, Jennifer C. et al. **Patterns of math and reading achievement in children and adolescents with autism spectrum disorder**. **Research in Autism Spectrum Disorders**, California,2022.

DEHAENE, Stanislas; COHEN, Laurent. **Towards an anatomical and functional model of number processing**. **Mathematical Cognition**, v. 1, n. 1, p. 83-120. USA, 1995.

GEARY, David C. **Mathematics and Learning Disabilities**, v. 37, n. 1, p. 4. Austin, Texas: Journal of Learning Disabilities, 2004.

GEARY, David C.; HOARD, Mary K.; BAILEY, Drew H. **Fact Retrieval Deficits in Low Achieving Children and Children With Mathematical Learning Disability**. v. 45, n. 4, p. 291-307. Austin, Texas: Journal of Learning Disabilities 2012.

KAUFMANN, Liane; VON ASTER, Michael. **The Diagnosis and Management of Dyscalculia**. **Germany: Dtsch Arztebl**, Continuing Medical Education, 2012.

LENT, Roberto; BUCHWEITZ, Augusto; MOTA, Maiice Borges (Org.). **Ciência para Educação: Uma Ponte entre Dois Mundos**. Atheneu, 2017.

ROTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos (Org.). **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar.** Porto Alegre: Artmed, 2015.

ROTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos (Org.). **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SANTOS, Flávia Heloísa dos; ANDRADE, Vivian Maria; BUENO, Orlando F. A. (Org.). **Neuropsicologia hoje.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

SILVA, Fábio Colins da. **Ensino e Aprendizagem de Matemática na Síndrome de Williams-Beuren: uma abordagem a partir de pesquisas em Neurociência Cognitiva.** Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

PRADO, Paulo Sérgio Teixeira do; CARMO, João dos Santos (Org.). **Diálogos sobre Ensino-Aprendizagem da Matemática: abordagens pedagógica e neuropsicológica.** São Paulo, 2016.

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

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Tradução de Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre, 2001.