

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

LARISSA DE SOUZA SALVADOR

HETEROGENEIDADE COGNITIVA NAS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DA  
MATEMÁTICA: MECANISMOS ESPECÍFICOS E GERAIS.

BELO HORIZONTE - MG

2015

043

Salvador, Larissa de Souza.

Heterogeneidade cognitiva nas dificuldades de aprendizagem de matemática: mecanismos específicos e gerais [manuscrito] / Larissa de Souza Salvador. - 2015.

100 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Vitor Geraldi Haase. Co-orientador: Ricardo José de Moura.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas.

1. Matemática - Teses. 2. Distúrbios da aprendizagem - Teses. 3. Ansiedade - Teses. 4. Cognição numérica. 5. Heterogeneidade cognitiva. 6. Memória de trabalho. 7. Habilidades visuoespaciais. 8. Neurociências - Teses. I. Haase, Vitor Geraldi. II. Moura, Ricardo José de. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 612.8

# Heterogeneidade cognitiva nas dificuldades de aprendizagem da matemática: mecanismos específicos e gerais

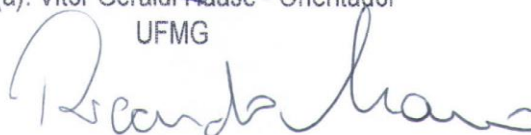
**LARISSA DE SOUZA SALVADOR**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em NEUROCIÊNCIAS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em NEUROCIÊNCIAS, área de concentração NEUROCIÊNCIAS CLÍNICAS.

Aprovada em 07 de julho de 2015, pela banca constituída pelos membros:



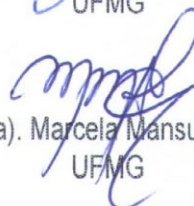
Prof(a). Vitor Geraldi Haase - Orientador  
UFMG



Prof(a). Ricardo Jose de Moura  
UFMG



Prof(a). Antônio Jaeger  
UFMG



Prof(a). Marcela Mansur Alves  
UFMG

Belo Horizonte, 7 de julho de 2015.

LARISSA DE SOUZA SALVADOR

HETEROGENEIDADE COGNITIVA NAS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DA  
MATEMÁTICA: MECANISMOS ESPECÍFICOS E GERAIS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Neurociências como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Neurociências. Área de  
concentração: Neuropsiquiatria clínica e molecular  
Orientador: Prof. Dr. Vitor Geraldi Haase  
Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo José de Moura

BELO HORIZONTE - MG

2015

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos durante o mestrado.

Agradeço ainda ao Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) / PROBRAL Program (310/08), à FAPEMIG e ao CNPq pelo financiamento do projeto “*Discalculia do desenvolvimento em crianças de idade escolar: triagem populacional e caracterização de aspectos cognitivos e genético-moleculares*”, do qual essa dissertação faz parte.

Em especial, agradeço:

Ao Prof. Vitor Geraldi Haase pela orientação, pelo apoio, confiança e pela paciência em todo o processo da minha formação acadêmica ao longo desses cinco anos em que faço parte do LND. Agradeço pela dedicação e o trabalho exaustivo, realizado com afinco. Pelas piadas contadas em muitas reuniões, que aliviam sempre o peso do trabalho e também, pelos puxões de orelha, muitas vezes necessários para o crescimento acadêmico. Obrigada por me ensinar que a pesquisa e clínica sempre andam juntas e que, cada paciente pode nos ensinar bastante, mas que esse ensinamento não poderia ser aproveitado sem muito estudo e dedicação. Orgulho-me muito de ter o Professor Vitor como Orientador e, acima de tudo, como um grande exemplo de mestre.

Ao Prof. Dr. Ricardo José de Moura, pela coorientação, pela enorme dedicação a este trabalho e principalmente pelo entusiasmo que muitas vezes me motivou na busca por qualidade e melhorias constantes do estudo. Agradeço acima de tudo, pela amizade, pela parceria e paciência nos momentos em que a ansiedade crescia, pela disponibilidade e pelas risadas, que transformaram meu trabalho em algo muito mais prazeroso.

À Maria Isabel dos Santos Pinheiro, por contribuir com minha formação, demonstrando sempre um interesse e dedicação por todo o trabalho desenvolvido. Agradeço pelo grande apoio e exemplo de trabalho, empenho e ética que me motivam a desenvolver um trabalho cada vez melhor.

Aos professores doutores Antônio Jaeger e Marcela Mansur por aceitarem fazer parte da banca examinadora, enriquecendo a discussão do trabalho.

À minha mãe, que têm me apoiado incondicionalmente em cada decisão tomada e em cada etapa vencida da vida. Agradeço cada palavra de incentivo, cada demonstração de carinho e cada conversa sensata que me fizeram persistir em cada escolha realizada. Agradeço ainda às minhas irmãs, Teté e Bebel, pela presença, preocupação e incentivo constante. Minha admiração por vocês me faz querer sempre ser melhor como pessoa e profissional.

A todos os colegas do Laboratório de Neuropsicologia (LND), pela colaboração diária e pela boa convivência, que suavizam sempre o trabalho a ser realizado. Agradeço em especial à Annelise pelo suporte acadêmico e pela prontidão em ajudar sempre que precisei. À Júlia Silva, que além de ser sempre uma boa parceira de trabalho, me proporcionou muitos momentos de alegria com seus ótimos ensinamentos sobre a vida e sobre a arte da paquera. À Gizele e Giulia, que me lembram diariamente que o trabalho pode ser divertido e animado e que uma boa amizade pode ser encontrada em qualquer lugar. À Danielle, pela colaboração e parceria e à Flávia Neves, por ser minha dupla de LND.

Por fim, agradeço aos amigos, Roberto, Rafael Verdin, Gabriel Verdin, Douglas, Thiago, Natália e Raissa por me proporcionarem tantos anos de uma amizade que fazem meus dias mais bonitos e divertidos. Agradeço ainda à Thania, Camila e Rê, por serem os melhores presentes que a graduação em Psicologia me deu.

## RESUMO

O interesse pelo estudo sobre a heterogeneidade presente no perfil cognitivo da dificuldade de aprendizagem da matemática (DAM) vem crescendo, entretanto, a literatura sobre o tema apresenta-se de forma pouco conclusiva. A presente dissertação investiga os mecanismos cognitivos subjacentes aos diversos perfis envolvidos na DAM. Primeiramente, um estudo realizado com uma amostra de 244 crianças com idade entre 8 a 11 anos, classificadas através de uma análise de conglomerados, buscou investigar a formação de perfis neuropsicológicos relacionados à DAM. A análise resultou em uma solução de 4 clusters, sendo um com dificuldades mais proeminentes nas habilidades visuoespaciais, outro com dificuldades somente na memória de trabalho fonológica, um terceiro com dificuldades em todas as variáveis, incluindo o senso numérico. Por fim, um cluster sem dificuldades, considerado grupo controle. Os 3 primeiros clusters, com déficits neuropsicológicos apresentaram desempenho inferior na aritmética, quando comparados ao cluster controle. O pior desempenho na matemática foi verificado no cluster que apresentou um déficit de domínio específico, no senso numérico. Todos os clusters apresentaram diferentes prejuízos relacionados aos cálculos aritméticos de adição, subtração e multiplicação, caracterizando diferentes perfis de prejuízos na DAM. Posteriormente, um estudo de caso foi realizado, com uma paciente de 16 anos, com inteligência igual à média, déficits na memória de trabalho e funções executivas, sem comprometimento de outros domínios, como linguagem, habilidades visuoespaciais e habilidades numéricas básicas, porém, com uma dificuldade persistente em tarefas que envolvem cálculos aritméticos. Foi investigada a hipótese de que algum outro fator poderia mediar a relação entre um déficit de domínio geral, de caráter executivo, e a aprendizagem da matemática. Após avaliação comportamental, através de questionários padronizados, verificou-se altos índices de ansiedade matemática, baixa auto-eficácia e problemas internalizantes. Foi realizada uma intervenção de 12 semanas em grupo com a adolescente, utilizando-se técnicas cognitivo-comportamentais para manejo de ansiedade. Após a intervenção, houve melhora estatisticamente significativa no desempenho na tarefa de Aritmética do WICS IV e em questionários de auto-eficácia, auto-regulação e ansiedade matemática. Porém, não foram observadas alterações significativas no desempenho na bateria de avaliação da memória de trabalho e nas tarefas que avaliaram o desempenho na tabuada de multiplicação. O estudo concluiu que déficits cognitivos gerais, como na memória de trabalho, podem ser influenciados por outros fatores, como a ansiedade matemática, resultando em uma especificidade de prejuízos relacionados à DAM. Entretanto, a ansiedade matemática não foi capaz de explicar o baixo desempenho em aritmética, caracterizando um quadro de Discalculia

do Desenvolvimento. Os estudos realizados ainda têm caráter exploratório, contudo, os achados corroboram a hipótese da existência perfis distintos que contribuem para a heterogeneidade na DAM, ressaltando questões importantes sobre fatores relacionados às diversas etiologias envolvidas neste transtorno.

**Palavras-chave:** dificuldade de aprendizagem da matemática, heterogeneidade, cognição numérica, memória de trabalho, habilidades visuoespaciais, ansiedade matemática.



## ABSTRACT

The interest on the study of the heterogeneity regarding the cognitive profile of the mathematical learning disabilities (MLD) is growing, however, the literature on the topic is not conclusive. This dissertation investigates the cognitive mechanisms underlying the different profiles of MLD. At first, we conducted a study with a sample of 244 children aged 8 to 11 years old, classified with a cluster analysis, which aimed to investigate the formation of different MLD subtypes. The analysis resulted in a solution of 4 clusters, one with the most prominent difficulties in visuospatial skills, another with specific deficits in phonological working memory, a third with difficulties in all variables, including number sense. Finally, a cluster without neuropsychological difficulties, considered to be the control group. The first 3 clusters with neuropsychological deficits showed lower performance in arithmetic, compared to the control cluster. The worst performance in mathematics was found in the cluster that presented a domain specific deficit, in number sense. All clusters showed different impairments in arithmetic calculations of addition, subtraction and multiplication, constituting different profiles of MLD. Subsequently, a case study was conducted with a 16-year-old patient with high intelligence, deficits in working memory and executive functions, without impairments in other areas such as language, visuospatial skills and basic numerical skills, however, with a persistent difficulty in arithmetic tasks. The possibility that some other factor could mediate the relationship between a general domain deficit, such as executive functions, and mathematics learning, was investigated. After behavioral assessment with standardized questionnaires, we found high levels of math anxiety, low self-efficacy and internalizing problems. An 8-week intervention was carried out in groups with adolescents, using cognitive-behavioral techniques to manage anxiety. After the intervention, there was a statistically significant improvement in performance of arithmetic calculations and self-efficacy and mathematics anxiety questionnaires. However, there were no significant changes in performance regarding working memory. We concluded that general cognitive deficits, such as working memory, may be mediated by other factors, such as math anxiety, resulting in a specificity of MLD impairments. Studies are still exploratory, however, the findings corroborate the hypothesis that distinct profiles contribute to heterogeneity in MLD, highlighting important questions about factors related to the various etiologies involved in this disorder.

**Keywords:** Mathematics learning difficulties, heterogeneity, numerical cognition, working memory, visuospatial skills, math anxiety.

## LISTA DE FIGURAS

*Estudo 1: Heterogeneidade das dificuldades de aprendizagem da matemática: Diferentes mecanismos cognitivos predizem diferentes padrões de desempenho nos cálculos aritméticos*

Figura 1: Coeficiente de Dissimilaridade x estágio de aglomeração .....	31
Figura 2: Desempenho dos clusters em cada variável utilizada na análise de conglomerado.....	32
Figura 3: Relação entre idade e cada uma das variáveis critério.....	35
Figura 4: Desempenho dos clusters nos cálculos aritméticos.....	38

*Estudo 2: Dificuldade de aprendizagem na matemática causada por déficits executivos: Um estudo de caso*

Figura 1: Desempenho nos subtestes da escala Wescheler de inteligência.....	64
Figura 2: Desempenho nas tarefas de avaliação da Cognição Geral.....	68
Figura 3: Tempo de reação de M.M na tabuada de multiplicação.....	73
Figura 4: Desempenho de M.M nas tarefas de cognição numérica.....	74

## LISTA DE TABELAS

*Estudo 1:* Heterogeneidade das dificuldades de aprendizagem da matemática: Diferentes mecanismos cognitivos predizem diferentes padrões de desempenho nos cálculos aritméticos

Tabela 1: Tabela 1: ANCOVAs comparando o desempenho dos clusters em cada variável utilizada.....	33
Tabela 2: Resultados do Chi-quadrado para a frequência de sexo e escolaridade por cluster.....	37
Tabela 3: Distribuição do desempenho dos clusters de acordo com o TDE.....	38
Tabela 4: ANCOVAs comparando o desempenho de cada cluster nos cálculos aritméticos.....	40

*Artigo:* Dificuldade de aprendizagem na matemática causada por déficits executivos: Um estudo de caso

Tabela 1: Instrumentos neuropsicológicos de avaliação dos domínios gerais.....	63
Tabela 2: Desempenho do Questionário de Ansiedade Matemática (QAM).....	72
Tabela 3: Descrição do conteúdo programado para cada sessão de intervenção.....	78
Tabela 4: Resultados da eficácia da intervenção.....	81
Tabela 5: Resultados da BAMT.....	82
Tabela 6: Comparação intra-sujeito na BAMT.....	83
Tabela 7: Desempenho em tarefas matemáticas.....	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAMT	Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho
CBCL	Child Behavior Checklist
DD	Developmental Dyscalculia
DAM	Dificuldade de aprendizagem da matemática
QI	Coefficiente de Inteligência
QAM	Questionário de Ansiedade Matemática
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade
TDE	Teste de Desempenho Escolar
<i>w</i>	Fração de Weber
WISC	Wechsler Intelligence Scale for Children

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
1.1. Estrutura da Dissertação.....	14
1.2. Referências.....	15
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
3. Estudo 1: Heterogeneidade das dificuldades de aprendizagem da matemática: Diferentes mecanismos cognitivos predizem diferentes padrões de desempenho nos cálculos aritméticos.....	18
3.1. Introdução.....	21
3.2. Métodos.....	26
3.3. Resultados.....	30
3.4. Discussão.....	41
3.5. Conclusões.....	47
3.6. Referências Bibliográficas.....	48
4. Estudo 2: Dificuldade de aprendizagem na matemática causada por déficits executivos: Um estudo de caso.....	53
4.1. Introdução.....	56
4.2. Descrição do Caso.....	61
4.3. Avaliação Neuropsicológica dos domínios cognitivos gerais.....	62
4.4. Resultados: Avaliação dos domínios gerais.....	63
4.5. Avaliação da cognição numérica.....	68
4.6. Resultados: Avaliação da cognição numérica.....	71
4.7. Discussão da avaliação neuropsicológica.....	75
4.8. Intervenção Neuropsicológica.....	77
4.9. Resultados: Intervenção Neuropsicológica.....	80
4.10. Discussão da intervenção.....	84
4.11. Conclusão.....	85
4.12. Referências Bibliográficas.....	87
5. Conclusões Gerais.....	96
6. Referências Bibliográficas.....	99
7. Anexo 1: Parecer de aprovação da COEP.....	100

## **1. Introdução**

A pesquisa sobre cognição numérica alcançou notável progresso durante as duas últimas décadas. Hoje sabe-se muito sobre o desenvolvimento, as capacidades relacionadas e substrato neural das habilidades matemáticas. Entretanto, não se sabe de forma clara, como os diversos mecanismos cognitivos influenciam no desenvolvimento dessas habilidades. A aritmética é uma habilidade complexa, que recruta uma variedade de mecanismos cognitivos (Dowker, 2005). Esses mecanismos cognitivos podem ser divididos entre mecanismos específicos do domínio numérico (Piazza et al, 2010) e mecanismos cognitivos gerais, como as habilidades visuoespaciais (Rourke & Conway, 1997), a memória de trabalho (Geary, 2010) e o processamento fonológico (Lopes-Silva, 2014; Simmons & Singleton, 2008).

Fatores emocionais e metacognitivos, como a ansiedade matemática e a autoeficácia também têm sido associados ao desenvolvimento das habilidades matemáticas (Ashcraft & Ridley, 2005; Haase et al., 2012). Assim, as dificuldades de aprendizagem relacionadas às habilidades matemáticas têm sido consideradas heterogêneas (Kaufmann & Nuerk, 2005; Rubinsten & Henik, 2009).

Uma dificuldade encontrada em estudos que investigam os fatores relacionados à heterogeneidade associada à DAM, está relacionada ao fato de não considerarem os principais mecanismos cognitivos subjacentes ao transtorno, de forma simultânea, na investigação do desempenho em matemática.

Dessa forma, o presente estudo objetiva investigar a heterogeneidade da DAM, através da avaliação de mecanismos cognitivos específicos da cognição numérica, como o senso numérico, e mecanismos cognitivos de domínio geral, como as funções executivas, memória de trabalho e habilidades visuoespaciais, com o intuito de apontar distintos perfis de desempenho cognitivo que se associaram ao desempenho em aritmética. Além disso, objetivou-se ainda, identificar algum fator emocional que poderia se associar a um déficit de domínio cognitivo geral, resultando em uma especificidade de comprometimento no desempenho em aritmética.

### **1.1. Estrutura da dissertação**

Seguindo as recomendações do Programa de Pós-graduação em Neurociências da UFMG, esta dissertação será apresentada em formato de artigos científicos:

**Estudo 1:** *“Heterogeneidade das dificuldades de aprendizagem da matemática: Diferentes mecanismos cognitivos predizem diferentes padrões de desempenho nos cálculos aritméticos”*. Este trabalho consiste em um estudo experimental de investigação de perfis cognitivos associados à aprendizagem da matemática, que podem contribuir para diferentes perfis de desempenho em uma tarefa de cálculos aritméticos (adição subtração e multiplicação).

**Estudo 2:** *“Dificuldade de aprendizagem na matemática causada por déficits executivos: Um estudo de caso”* é um estudo de caso isolado que investigou se déficits em mecanismos cognitivos gerais, como em funções executivas, podem ser moderados pela ansiedade matemática, resultando em uma especificidade de comprometimentos em relação ao desempenho na aritmética.

## 1.2. Referências

- Ashcraft, M. H., & Ridley, K. S. (2005). Math anxiety and its cognitive consequences: A tutorial review.
- Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetic: Implications for psychology, neuroscience and education*. Psychology Press.
- Geary, D. C. (2010). Mathematical disabilities: Reflections on cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Learning and individual differences*, 20(2), 130-133.
- Haase, V. G., Júlio-Costa, A., Pinheiro-Chagas, P., Oliveira, L. F. S., Micheli, L. R. & Wood, G. (2012). Math self-assessment, but not negative feelings, predicts mathematics performance of elementary school children. *Child Development Research*, Article ID 982672, 10 pages,
- Kaufmann, L., & Nuerk, H. (2005). Numerical development: current issues and future perspectives. *Psychology Science*, 47(1), 142.
- Lopes-Silva, J. B., Moura, R., Júlio-Costa, A., Haase, V. G., & Wood, G. (2014). Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. *Frontiers in psychology*, 5.
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116(1), 33-41.
- Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning disabilities*, 30(1), 34-46.
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, 13(2), 92-99.
- Simmons, F. R., & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*, 14(2), 77-94.



## **2. Objetivos**

### *2.1. Objetivo Geral*

Investigar a associação entre mecanismos cognitivos específicos de domínio numérico e mecanismos cognitivos gerais, tais como memória de trabalho, processamento fonológico e habilidades visuoespaciais, com o desempenho em aritmética.

### *2.2. Objetivos Específicos*

- a) Realizar um estudo experimental de classificação de distintos perfis neuropsicológicos e avaliar o desempenho destes distintos perfis na aritmética.
  
- b) Investigar se diferentes perfis cognitivos apresentam diferentes perfis de comprometimento no desempenho em aritmética.
  
- c) Investigar se o senso numérico, como um mecanismo cognitivo específico do domínio numérico, pode se diferenciar perfis cognitivos gerais, no desempenho em aritmética.
  
- d) Investigar qual a especificidade desses mecanismos cognitivos gerais, no desempenho na matemática.
  
- e) Averiguar se a dificuldade de aprendizagem na matemática, subjacente a déficits cognitivos de domínio geral, podem ser moderados pela ansiedade matemática, resultando em uma dificuldade de aprendizagem da matemática.

### **3. Estudo 1: Heterogeneidade das dificuldades de aprendizagem da matemática: Diferentes mecanismos cognitivos predizem diferentes padrões de desempenho nos cálculos aritméticos**

Heterogeneity in developmental dyscalculia: do different cognitive mechanisms predict different performance patterns in arithmetic calculations

Larissa Salvador<sup>1,2</sup>

Ricardo Moura<sup>1,2</sup>

Júlia Beatriz Lopes-Silva<sup>2,3</sup>

Vitor Geraldi Haase<sup>1,2,3</sup>

1 Programa de Pós-graduação em Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

2 Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento, Departamento de Psicologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

3 Programa de Pós-graduação da Saúde da Criança e do Adolescente, Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

## **RESUMO**

Tem sido afirmado que crianças com dificuldade de aprendizagem na matemática (DAM) constituem um grupo heterogêneo. Até o momento, a maior parte dos estudos tem investigado a heterogeneidade na DAM através de critérios pré-definidos. No presente estudo nós investigamos os principais mecanismos cognitivos subjacentes aos diversos perfis envolvidos na DAM. O estudo contou com uma amostra de 244 crianças com idade entre 8 a 11 anos, atendendo da segunda a quinta série do ensino fundamental. Para investigar se diferentes perfis de funcionamento neuropsicológico estariam associados a diferentes perfis de desempenho na matemática, as crianças foram classificadas por uma análise hierárquica de cluster utilizando como variáveis dependentes a memória de trabalho, o processamento visuo-espacial e o senso numérico. A análise resultou em uma solução ideal de quatro clusters. O Cluster 1 foi marcado por dificuldades mais proeminentes nas habilidades visuoespaciais, enquanto o Cluster 2 mostrou dificuldades somente na memória de trabalho fonológica e o Cluster 3 apresentou dificuldades em todas as variáveis, com destaque para um prejuízo na acurácia do senso numérico. Por fim, o Cluster 4 que não apresentou comprometimento cognitivo. Os Clusters caracterizados por algum comprometimento neuropsicológico apresentaram, quando comparados ao Cluster 4, desempenho inferior em tarefas aritméticas de adição, subtração e multiplicação. O pior desempenho na matemática foi verificado no Cluster 3, o qual apresentou um déficit de domínio específico, no senso numérico. Todos os clusters apresentaram diferentes perfis de desempenho relacionados aos cálculos aritméticos, apontando para o fato de que comprometimentos cognitivos específicos resultam em diferentes comprometimentos no desempenho da aritmética.

**Palavras-chave:** Dificuldade de aprendizagem da matemática, heterogeneidade, análise hierárquica de cluster, senso numérico, cálculos aritméticos.

## **ABSTRACT**

It has been claimed that children with mathematics learning difficulties (MLD) constitute a heterogeneous group. Up to now, most of the studies have investigated this heterogeneity by pre-established criteria. In the present study we investigated the main cognitive mechanisms underlying the different profiles of MLD. We investigated data from 244 children aging from 8 to 11 years-old, attending from second to fifth grades of elementary school. In order to investigating whether different profiles of neuropsychological functioning were associated to different profiles of mathematics achievement, these children were them classified by means of a hierarchical cluster analysis, with working memory, visuospatial skills and number sense as dependent variables. The analysis revealed a solution with four clusters. Cluster 1 was characterized by prominent difficulties in visuospatial skills, while Cluster 2 exhibited specific difficulties in phonological working memory and Cluster 3 a deficit in number sense. Finally, Cluster 4 was composed by children with no neuropsychological deficits. Clusters characterized by neuropsychological deficits showed, when compared to Cluster 4, poorer achievement in addition, subtraction and multiplication operations. Also, the most important arithmetics difficulties was observed in Cluster 3. All 4 clusters showed different profiles of arithmetics achievement, indicating that specific neuropsychological deficits result in different profiles of MLD.

**Keywords:** mathematics learning difficulties, heterogeneity, hierarchical cluster analysis, number sense, arithmetics operations.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de habilidades matemáticas é uma tarefa difícil e de grande complexidade. As atividades envolvidas nesse processo vão desde as mais básicas como contar, lidar com quantidades e aprender os códigos numéricos, até a memorização dos fatos aritméticos e a realização de cálculos complexos (Geary, 2011). Essa diversidade de atividades é responsável por recrutar diferentes mecanismos cognitivos necessários para a aprendizagem da matemática (Butterworth, 2011; Haase et. al, 2014; Geary, Hoard, & Hamson, 1999, Moura et. al, 2013). Esses mecanismos cognitivos podem ser divididos entre mecanismos específicos do domínio numérico (Piazza et al, 2010) e mecanismos cognitivos gerais, como as habilidades visuoespaciais (Li & Geary, 2013; Rourke & Conway, 1997), a memória de trabalho (Geary, 2010) e o processamento fonológico (Lopes-Silva, moura, Julio-Costa, Haase, & Wood, 2014; Simmons & Singleton, 2008). Consequentemente, prejuízos nesses processos cognitivos se associam às dificuldades de aprendizagem da matemática (DAM).

A DAM é caracterizada por dificuldades na execução de atividades relacionadas à matemática, que podem estar associadas à fatores diversos fatores. É constituída por um quadro mais amplo de dificuldade na matemática, geralmente definido à partir de critérios de classificação menos rigorosos, como desempenho abaixo do percentil 25, 30 ou 50 em tarefas padronizadas de matemática (Murphy, Mazzoco, Hanich & Early, 2007). Essa dificuldade está associada a desfechos negativos do ponto de vista econômico (Bynner & Parsons, 1997; Parsons & Bynner, 1997) e psicossocial (Auerbach, Gross-Tsur, Manor & Shalev, 2008). Estima-se que a DAM esteja presente entre 5% e 8% das crianças em idade escolar nos Estados Unidos (Badian, 1983; Geary, 2004) e em outros países, incluindo Israel (Gross- Tsur, Manor, e Shalev, 1996) e na Índia (Ramaa & Gowramma, 2002).

Uma série de estudos que avaliam tanto mecanismos cognitivos específicos, quanto os gerais contribui para a visão de que a DAM é uma desordem heterogênea, com diferentes déficits cognitivos relacionados a distintos subtipos de DAM (Von Aster, 2000; Rubinsten & Henik, 2009; Bartelet, Ansari, Vaessen, & Blomert, 2014). Entretanto, a formação desses subtipos tem variado de acordo com os critérios utilizados em cada estudo. É necessário ainda, um maior consenso sobre os critérios adotados e definições para operacionalização de pontos de corte utilizados para definir as DAM, bem como seus subtipos, uma vez que estes critérios têm variado substancialmente (Moeller, Fischer, Cress, e Nuerk, 2012).

Estudos que utilizam uma abordagem *topdown*, podem divergir de estudos que não utilizam critérios pré-estabelecido, para formação de subgrupos de déficits dentro da DAM. Esse tipo de metodologia atribui critérios de forma arbitrária, para a formação de subgrupos na DAM, o que pode conduzir a uma incapacidade em identificar todos os subtipos, com precisão. Alguns trabalhos, entretanto, propõem uma metodologia mais ampla, de investigação do tipo *bottom-up* (Bartelet, Ansari, Vaessen & Blomert 2014), o que resulta em um maior conhecimento dos subtipos de DAM, baseados em déficits de domínios específicos e gerais.

### **Déficits de domínio específico**

O modelo neurocognitivo de representação numérica mais influente é o modelo do Código Triplo elaborado por Dehaene (1992). Este modelo postula três sistemas de representações de numerosidade. Dois desses sistemas são responsáveis pelas representações numéricas simbólicas, sendo um deles visual-arábico, e o outro verbal. De acordo com o modelo do código triplo a representação simbólica verbal está relacionada à atividade do giro angular esquerdo. Já a representação visual arábica, está relacionada à atividade do giro fusiforme, bilateralmente. Existe ainda um sistema não-simbólico, chamado de senso numérico. Ao contrario dos sistemas simbólicos, o senso numérico é inato e consegue representar quantidades apenas de maneira aproximada. As representações não simbólicas são relacionadas à atividade de áreas do sulco intraparietal, bilateralmente (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

### ***Senso Numérico***

O senso numérico é uma representação responsável por nos ajudar a perceber e discriminar quantidades numéricas. Essa representação obedece às leis psicofísicas de Weber-Fechner, de forma que a representação de quantidades se dá em uma linha numérica logaritmicamente comprimida. Isto é, numerosidades maiores são representadas de forma menos precisa do que numerosidades menores (Piazza & Dehaene, 2004).

Existem evidências científicas mostrando que a acuidade do senso numérico apresenta uma alta variação inter-individual, e é um preditor importante do desempenho em tarefas matemáticas simbólicas, como cálculos aritméticos, contagem e compreensão de cardinalidade (Halberda et al., 2008; Mazzocco et al., 2011). Piazza e colaboradores (2010) investigaram o desenvolvimento do senso numérico em crianças com discalculia do desenvolvimento (DD),

comparadas a um grupo controle. O estudo demonstrou que crianças com DD, aos 10 anos de idade, apresentam uma fração de Weber equivalente à esperada para crianças controle aos 5 anos de idade. Pinheiro-Chagas et. al, (2014) investigaram a associação entre medidas de acuidade do senso numérico (comparação não simbólica de magnitudes, estimação não-simbólica e cálculos de adição não simbólica) e o desempenho em cálculos aritméticos exatos. O estudo concluiu que o desempenho nas tarefas que avaliaram a acuidade do senso numérico se correlacionou com o desempenho nos cálculos exatos, indicando uma forte influência desse mecanismo cognitivo, para o desempenho em aritmética. A partir destes resultados, é possível inferir que o comprometimento no senso numérico está fortemente associado ao desempenho em aritmética.

A acuidade do senso numérico tem sido avaliada, principalmente, por meio de tarefas de comparação de magnitudes numéricas, onde a pessoa observa um par de conjuntos de pontos e deve indicar o maior (Mundy & Gilmore, 2009). Através deste tipo de tarefa, é possível calcular a fração Weber, que representa o tamanho do desvio-padrão (erro) existente nas representações de quantidades (Dehaene & Piazza, 2007; Piazza 2010).

### **Déficits de domínio geral**

Diversos déficits neuropsicológicos têm sido relacionados também ao perfil da DAM, como as habilidades visuoespaciais (Rourke & Conway, 1997), a memória de trabalho (Geary, 2010) e o processamento fonológico (Lopes-Silva, 2014; Simmons & Singleton, 2008), contribuindo para a existência de um perfil heterogêneo da dificuldade de aprendizagem da matemática (Archibald, Oram, Joannis & Ansari, 2013). Entretanto, esses déficits apontados, podem ser inespecíficos à DAM. Outros transtornos de aprendizagem, tais como a dislexia ou o transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) podem compartilhar alguns dos déficits gerais comuns na DAM (Jordan, 2007; Raghobar, Barnes & Hecht, 2010) além de apresentar alta taxa de comorbidade entre si (Landerl & Moll, 2010).

### ***Memória de trabalho***

A memória de trabalho refere-se à capacidade cognitiva responsável pelo armazenamento e manipulação temporária de informação (Baddeley, 2000). Ela está associada a diferentes habilidades, entre elas, a cognição matemática (Geary, 1993; Fuchs et al 2010).

A memória de trabalho tem sido apontada como um importante preditor do desempenho na aritmética (Geary, 1993; Geary, 2010). Noël (2009) examinou a influência dos subcomponentes da memória de trabalho no desenvolvimento do processamento numérico em crianças pré-escolares. Este estudo conclui que o executivo central é o melhor preditor do desempenho da amostra em uma tarefa de contagem, seguido da memória de trabalho visuoespacial. Raghobar, Barnes e Hetch (2010), em um estudo de revisão, apresentaram diversos trabalhos, que corroboram com o envolvimento de cada subcomponente da memória de trabalho, em habilidades numéricas simbólicas. Eles demonstraram que a memória de trabalho fonológica tem sido mais associada ao desempenho em aritmética, especialmente em testes que envolvem estímulos numéricos, como Dígitos do WISC. Estudos que utilizam medidas de memória de trabalho fonológica com estímulos numéricos tendem a discriminar melhor, crianças com e sem dificuldade na matemática, do que tarefas que utilizam, por exemplo, lista de palavras (Passolunghi & Cornoldi, 2008).

Já a memória de trabalho visuoespacial (MTVE) está relacionada ao desempenho em tarefas matemáticas mais complexas, como cálculos com números multidígitos ou que exigem maior número de procedimentos para a execução (Mamarella, Lucangeli & Cornoldi, 2010; Roseli, Pinto & Ardila, 2006). Li & Geary (2013) demonstraram que crianças pré-escolares típicas, que apresentaram melhor desempenho em uma tarefa de MTVE, apresentaram melhor competência na aquisição de habilidades matemáticas como contagem, cálculos simples e multidigitais de adição, subtração e multiplicação, evidenciando a influência específica de um componente espacial da memória de trabalho, na matemática.

### ***Processamento visuoespacial***

As habilidades visuoespaciais têm sido relacionadas ao desempenho tanto em tarefas de representações simbólicas, por exemplo, de cálculos multidigitais (Hartje, 1987), quanto em tarefas que envolvem habilidades numéricas mais básicas, como tarefas que avaliam a representação em uma linha mental numérica (Crollen & Noël, 2015). No entanto, não é muito clara a distinção entre a influência da memória de trabalho visuoespacial, que demanda um maior funcionamento executivo e outros subcomponentes do processamento visuoespacial, que envolvem funções mais básicas, de codificação e manipulação de informação espacial.

Bachot, Gevers, Fias & Roeyers (2005), realizaram um estudo com crianças de 7 a 12 anos, para investigar alterações na representação de numerosidade em indivíduos com déficits em



habilidades visuoespaciais. Os pesquisadores avaliaram o efeito SNARC (preferências para as respostas com a mão esquerda para pequenos números e respostas com a mão direita para números maiores) em uma tarefa de comparação de dígitos. Eles verificaram que as crianças do grupo com dificuldades visuoespaciais não apresentaram o efeito SNARC, quando comparadas à um grupo controle. O estudo concluiu que esse pode ser um indicativo de que a dificuldade na matemática em crianças com déficits visuoespaciais pode ser mediada por dificuldades na representação de grandezas numéricas.

Em pacientes com lesão no hemisfério direito, com prejuízos relacionados ao processamento visuoespacial, a dificuldade na matemática pode se desenvolver de forma diferente. Em um estudo de caso, Grana, Hofer & Semenza (2005) investigaram um paciente de 35 anos de idade que, após o rompimento de um aneurisma na artéria cerebral média direita, apresentou um quadro de acalculia. O paciente apresentava dificuldades específicas relacionadas à multiplicação multidigital. As dificuldades na execução dos procedimentos necessários para realizar os cálculos de forma eficaz, foram atribuídas à um déficit de natureza espacial.

### **Estudos prévios**

Uma dificuldade recorrente de estudos que investigam a heterogeneidade caracterizada pela existência de diversos subtipos da DAM, é o fato de não investigarem, de forma simultânea, o efeito dos principais fatores relevantes para a aprendizagem da matemática. Fuchs e colaboradores (2010) avaliaram 200 crianças, com o intuito de investigar o desempenho em diversas medidas cognitivas gerais e sua influência para a aprendizagem da matemática. No entanto, os pesquisadores não investigaram, de forma precisa, mecanismos específicos relacionados ao desempenho em aritmética, como o senso numérico. Bartelet, Ansari, Vaessen & Blomert (2014) realizaram um estudo com 226 crianças com dificuldade de aprendizagem na matemática, para investigar a formação de subtipos de DAM. Os pesquisadores utilizaram tanto medidas específicas, como o acurácia do senso numérico e linha mental numérica, quanto medidas gerais, como memória de trabalho e processamento visuoespacial. Entretanto, o estudo não avaliou crianças com desenvolvimento neuropsicológico típico, considerando apenas uma amostra clínica da população. Além disso, o estudo concluiu que dos seis subtipos de DAM encontrados, dois deles não foram bem explicados por déficits cognitivos relacionados à DAM. Um dos subtipos caracterizou-se pelo baixo QI não-verbal, o qual está associado ao baixo desempenho na matemática (Primi, Ferrão, & Almeida, 2010), entretanto esse perfil não

caracteriza uma especificidade relacionada ao desempenho na matemática. Essas evidências apontam para a necessidade de investigações que integrem fatores gerais e específicos, relacionados à heterogeneidade e suas implicações para cada subtipo de DAM, além da inclusão de um grupo de crianças de desenvolvimento típico.

### **Presente estudo**

O objetivo principal do presente estudo foi classificar uma amostra de crianças, utilizando como variáveis dependentes, o desempenho em tarefas que avaliam habilidades relacionadas aos principais déficits neuropsicológicos, preditores do desempenho na matemática. Através de uma análise hierárquica de clusters, utilizou-se uma abordagem *bottom-up*, para investigar a formação de subtipos de DAM, de acordo com déficits cognitivos específicos e gerais.

Um segundo objetivo do estudo foi avaliar a frequência da distribuição de crianças com dificuldade (abaixo do percentil 25) e sem dificuldade em um teste padronizado de desempenho escolar, nos clusters. O Teste de Desempenho Escolar (Stein, 1994) foi utilizado com o intuito de investigar se a maior presença de déficits neuropsicológicos avaliados pela análise de clusters está associada à maior frequência de indivíduos com dificuldade na matemática.

Por fim, objetivou-se avaliar o desempenho dos subtipos de DAM, formados a partir da análise hierárquica de clusters, em uma tarefa simbólica de cálculos aritméticos, com o intuito de investigar perfis distintos de comprometimento na matemática, relacionados aos déficits neuropsicológicos avaliados.

## **3.2 MÉTODOS**

### **Amostra**

A amostra foi recrutada em duas fases distintas. Na primeira fase foi realizada uma triagem na qual foram utilizados os subtestes de Aritmética e Escrita do Teste de Desempenho Escolar (Stein, 1994). As crianças foram, em seguida, classificadas como aprendizagem típica (AT), quando a performance nos subtestes de Aritméticas e Escrita do TDE esteve acima do percentil 25, ou como dificuldade na matemática (DM), quando o desempenho, apenas no subteste de Aritmética, esteve abaixo do percentil 25. 174 crianças foram classificadas como AT e 70 crianças foram classificadas como DM. Em seguida, na segunda fase, foi realizada uma avaliação individual, onde as crianças passaram por uma avaliação neuropsicológica mais

extensa. Ao todo participaram do estudo 326 crianças com idade entre 8 e 11 anos, cursando do 3º ao 6º ano de 6 escolas públicas e 4 privadas em uma proporção de 8 para 2 das cidades de Belo Horizonte e Mariana. Todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo comitê de ética da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A participação foi condicionada à assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelos pais e assentimento oral das crianças. Oitenta e duas crianças foram excluídas da amostra por não cumprirem os critérios de seleção a seguir: 28 crianças abaixo do percentil 10 no teste de Matrizes Coloridas Progressivas de Raven; 39 crianças que não completaram a avaliação; 15 crianças que não obtiveram resultados possíveis de ajuste no indicador de senso numérico (fração de weber[w] superior a 0.60 no teste de comparação não-simbólica de magnitudes). A amostra final foi composta por 244 crianças com média de idade igual a 9,73 anos (desvio-padrão igual a 1,11).

### **Instrumentos**

Os instrumentos selecionados foram utilizados levando-se em consideração algumas variáveis neuropsicológicas que predizem o desempenho na aritmética, como a memória de trabalho, as habilidades visuoespaciais (Geary, 2011) e o senso numérico (Halberda et al., 2008).

Foram utilizados ainda, medidas para caracterização e validação do perfil de desempenho dos clusters formados na análise de conglomerados, como uma medida da inteligência, uma medida do desempenho escolar e uma tarefa de cálculos aritméticos.

### ***Avaliação da Inteligência***

Matrizes progressivas coloridas de Raven. A inteligência geral fluida foi avaliada usando a versão brasileira, apropriada para a idade, das matrizes progressivas coloridas de Raven (Angelini, Alves, Custódio, Duarte, & Duarte, 1999). As análises foram baseadas em escores z calculados a partir das normas do manual, de acordo com o tipo de escola frequentado pela criança.

### ***Avaliação do Desempenho Escolar em Aritmética***

Subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar - O TDE (Stein, 1994) é um teste padronizado, amplamente utilizado para avaliar o desempenho escolar no Brasil. As normas utilizadas incluem crianças de 1ª à 6ª série. O TDE é composto por três subtestes, sendo um de Leitura (leitura de palavras isoladas), um de Escrita (ditado de palavras isoladas,

contextualizadas em uma frase) e um de Aritmética (cálculos simples e complexos de acordo com o conteúdo escolar de cada série). A aplicação do TDE foi realizada em grupo, usando apenas o subteste de Aritmética. As crianças foram orientadas a responder o maior número de itens possíveis. Não houve tempo limite para a execução da tarefa.

Na análise da composição dos clusters, as crianças foram classificadas de acordo com o desempenho no teste, considerando as normas disponíveis para crianças de MG (Oliveira-Ferreira et al, 2012). Foi considerada dificuldade um desempenho abaixo do percentil 25 na tarefa, sendo formados três grupos: Aprendizagem Típica (A.T.): Crianças que não apresentaram dificuldades; Dificuldade na Aritmética (D.A.): Crianças que apresentaram dificuldade no subteste de matemática. As crianças que apresentaram dificuldade apenas na Escrita não entraram nas análises estatísticas do presente estudo.

#### ***Avaliação dos mecanismos cognitivos gerais***

*Digit Span.* A memória de trabalho fonológica foi avaliada através do alcance de apreensão da ordem inversa do subteste Digit Span (Figueiredo & Nascimento, 2007) que compõe a versão brasileira da Escala de Inteligência Wechsler para crianças 3ª edição (WISC III).

*Cubos de Corsi.* Para avaliar o componente visuoespacial da memória de trabalho, foi utilizado o alcance de apreensão na ordem inversa da tarefa de Cubos de Corsi, seguindo o procedimento utilizado por Kessels, van Zandvoort, Postma, Kapelle & Haan (2000).

*Figura Complexa de Rey.* Para avaliar as habilidades visuoespaciais e visuoconstrutivas, foi utilizada a figura complexa de Rey. A cópia da figura foi pontuada, de acordo com a presença, distorção ou ausência de cada grafo-elemento (Oliveira, 1999). As análises foram baseadas em escores z referenciados na amostra.

#### ***Avaliação da Cognição Numérica***

*Comparação de magnitudes não simbólicas.* Tarefa computadorizada de aplicação individual em que os participantes foram instruídos a comparar dois conjuntos de pontos apresentados simultaneamente, indicando qual deles continha a maior quantidade. Os pontos pretos foram apresentados em um círculo branco sobre um fundo preto. Em cada ensaio, um dos dois círculos brancos continha 32 pontos (referência de numerosidade) e o outro continha 20, 23, 26, 29, 35, 38, 41 ou 44 pontos. Cada uma das magnitudes foi apresentada oito vezes. A tarefa foi composta

de 8 ensaios de aprendizagem e 64 ensaios experimentais. Como uma medida da acurácia do senso numérico, a fração Weber ( $w$ ) foi calculada para cada criança com base no modelo Log-Gaussiano de representação numérica descrito por Piazza et al. (2004) e Dehaene (2007). Evidências prévias da validade dessa tarefa foram obtidas por Pinheiro-Chagas et. al (2014), Lopes-Silva et.al (2014), Oliveita et. al (2014), Julio-Costa et; al (2013) e Ferreira et. al (2011).

*Cálculos Aritméticos.* Tarefa de aplicação individual que consiste em cálculos de adição (27 itens), subtração (27 itens) e multiplicação (28 itens). A tarefa foi aplicada individualmente, em folhas impressas de papel, separadas por blocos. As crianças foram instruídas a responder cada bloco, com o limite de tempo de 1 min. As operações aritméticas foram organizadas em dois níveis de complexidade que foram apresentadas às crianças em blocos separados: uma consistia em fatos simples e a outra consistia em fatos mais complexos. Adições simples foram definidas como aquelas operações com resultados abaixo de 10 (ex:  $3 + 5$ ), enquanto que as adições complexas foram definidas como tendo resultados entre 11 e 17 (ex:  $9 + 5$ ). Cálculos de subtração simples foram formados por operandos abaixo de 10 (ex:  $9 - 6$ ), enquanto que para subtrações complexas, o primeiro operando variou de 11 a 17 (ex:  $16 - 9$ ). Resultados negativos não foram incluídos nos problemas de subtração. A multiplicação simples consistiu de operações com resultados abaixo de 25 ou que continham o número 5 como um dos operandos (ex:  $2 \times 7$ ,  $5 \times 6$ ), enquanto que na multiplicação complexa, o resultado dos operandos variou de 24 à 72 (ex:  $6 \times 8$ ). Evidências prévias da validade dessa tarefa foram obtidas por Costa et. al (2011), Wood et. al (2012) e Haase et al. (2014 ).

## **Procedimentos**

A avaliação da inteligência e do desempenho escolar foi realizada na primeira fase do estudo (fase de Triagem) em uma sessão em grupos de aproximadamente seis crianças. Uma equipe de alunos de graduação em Psicologia, devidamente treinada, foi responsável por avaliar as crianças em sessões individuais, nas escolas nas quais ocorreram as coletas de dados. A sessão em grupo foi realizada primeiro, em seguida, foram realizadas duas sessões individuais para a execução das tarefas neuropsicológicas. A ordem de aplicação das tarefas nas sessões individuais foi pseudo-aleatorizada em duas sequências.

## **Análises Estatísticas**

Para a classificação da amostra em subgrupos foi realizada uma análise hierárquica de clusters utilizando, como variáveis critério, medidas da memória de trabalho fonológica e visuoespacial,

processamento visuoespacial e senso numérico. A análise hierárquica de clusters é uma técnica estatística multivariada cujo objetivo principal é formar grupos mais homogêneos, quanto possível (Everitt, 1993). No presente estudo, esta técnica foi então utilizada na identificação de grupos de crianças com perfil neuropsicológico homogêneo.

Previamente à análise hierárquica de clusters, optou-se pela transformação dos escores brutos, de todas as tarefas, em escores z padronizados por série, uma vez que o desempenho na maior parte das tarefas apresenta correlação positiva com o nível de escolarização.

Os clusters foram gerados por uma análise hierárquica onde se empregou o método de Ward. Tal método foi escolhido em função de sua eficiência em formar grupos homogêneos, uma vez que ele minimiza ao máximo a soma das diferenças entre as observações que compõem cada grupo (Dutra, Sperandio & Coelho, 2008). Para calcular a distância entre cada uma das observações da amostra, foi adotada a distância euclidiana ao quadrado, a qual é mais adequada ao método de Ward (Everitt, 1993).

Em seguida, para a validação dos clusters formados, foram realizadas análises de covariância (ANCOVA), controlando a inteligência, para verificar a existência de diferenças significativas entre os clusters em cada variável critério. Posteriormente, foram realizadas análises da distribuição da frequência de variáveis categóricas, como sexo e escolaridade. A distribuição da idade e inteligência também foi investigada.

Considerando a classificação dos participantes a partir do TDE, realizada na fase de triagem, foi realizado um teste de chi-quadrado para investigar possíveis diferenças na distribuição da amostra, em relação ao desempenho escolar e o perfil de desempenho na matemática. Além disso, para investigar diferenças no desempenho do subteste de aritmética do TDE entre os clusters, foi realizada uma série de ANCOVAS tendo a inteligência como co-variável.

Finalmente, foram realizadas ANCOVAS para investigar diferenças de desempenho nos cálculos aritméticos entre os clusters formados.

### **3.3 RESULTADOS**

A apresentação dos resultados foi organizada de forma a manter uma sequência lógica, relacionada aos objetivos do estudo. Primeiramente será descrita a formação dos clusters bem

como as características neuropsicológicas principais de cada um. Posteriormente, serão apresentados os resultados relacionados à validação de cada cluster, de acordo com a idade, escolaridade, sexo e inteligência. Em seguida, será descrito o desempenho de cada cluster, considerando o Teste de Desempenho Escolar, com o intuito de averiguar possíveis diferenças entre a classificação no TDE e a formação de clusters com e sem déficits neuropsicológicos. Por fim, serão apresentados os resultados relacionados aos perfis de desempenho nos cálculos aritméticos, de cada cluster formado.

### **Análise Hierárquica de Clusters**

Com o intuito de investigar a formação de subtipos cognitivos associados a perfis distintos de desempenho na matemática, primeiramente foi realizada uma análise hierárquica de clusters. Foram utilizadas como variáveis critério alguns dos principais preditores de desempenho na matemática apontados na literatura: a memória de trabalho fonológica (avaliada através do Digit Span); a memória de trabalho visuoespacial (avaliada através do cubos de Corsi), processamento visuoespacial (avaliado através da figura complexa de Rey) e a acurácia do senso numérico (avaliado através da tarefa de comparação de magnitudes não simbólicas). Foi utilizada a fração de Weber ( $w$ ), como medida da acurácia do senso numérico.

Os coeficientes de dissimilaridade obtidos em cada etapa do processo de aglomeração foram utilizados como critério objetivo para a escolha da solução final da análise. Esses coeficientes refletem o nível de heterogeneidade interna de cada cluster ao longo do processo. No início da aglomeração esse índice é igual à zero, uma vez que todos os casos ainda estão isolados. Por outro lado, no final do processo, esse índice atinge seu valor máximo, uma vez que todos os casos se encontram juntos em um mesmo grupo. O indicador utilizado para decidir pela interrupção do processo de aglomeração foi o primeiro aumento drástico nesses índices, o que indica que a aglomeração começou a produzir clusters bastante heterogêneos.

Foi, então, encontrada uma solução ideal de quatro clusters. A Figura 1 mostra o aumento nos coeficientes de dissimilaridade ao longo do processo de aglomeração, com destaque para o ponto de parada adotado.

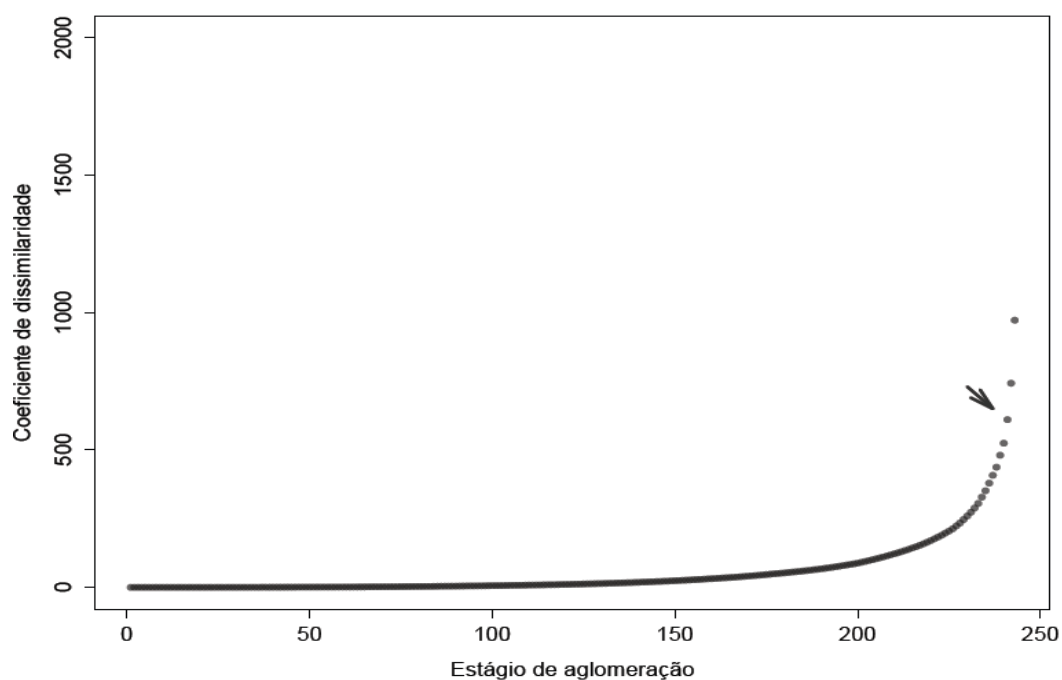


Figura 1: Coeficiente de Dissimilaridade x estágio de aglomeração

A formação dos clusters evidenciou diferentes perfis neuropsicológicos. O perfil de cada cluster, considerando as variáveis critério utilizadas, será descrito a seguir. A Figura 2 mostra o desempenho de cada cluster formado.

Uma análise de covariância (ANCOVA), com a inteligência como covariável, utilizando comparações post-hoc através do método de Bonferroni, evidenciou diferenças significativas entre o desempenho dos grupos nas variáveis utilizadas, como mostra a Tabela 1.

De um modo geral, o desempenho de todos os clusters nas variáveis critério se manteve na faixa entre -1 e +1 desvio padrão. Entretanto, um prejuízo maior na figura de Rey foi apresentado pelo Cluster 1, que ficou próximo à faixa de 1,5 dp abaixo da média. O Cluster 3 também apresentou um déficit específico relacionado ao senso numérico (w), ficando aproximadamente 2 dp abaixo da média.



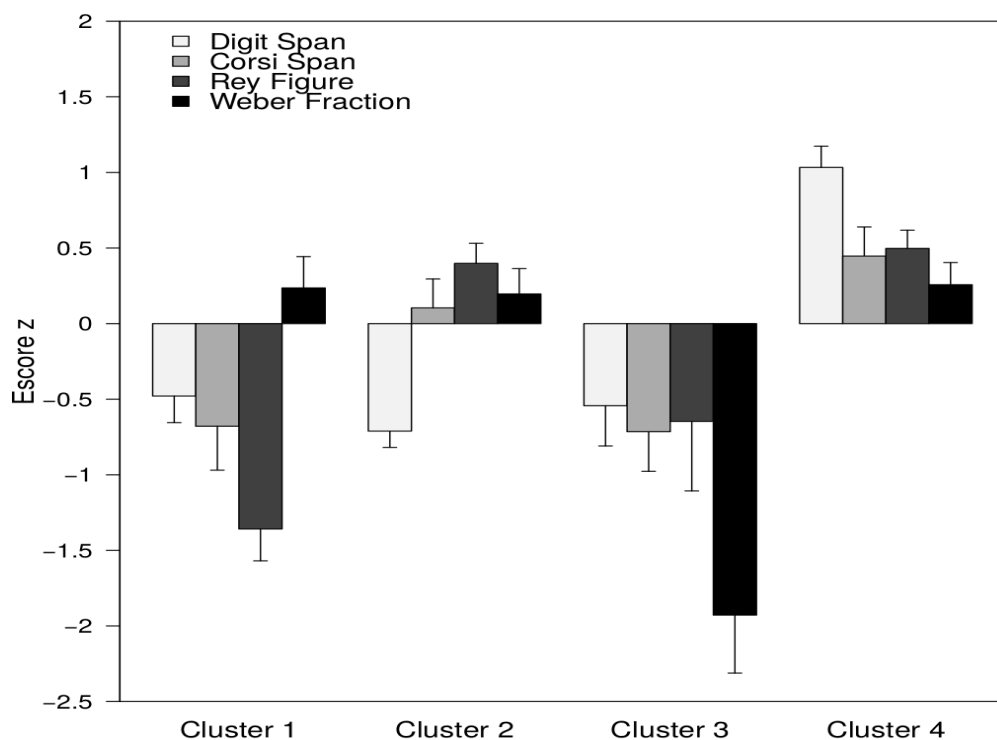


Figura 2: Desempenho dos clusters em cada variável utilizada na análise de conglomerados. Barras representam intervalo de confiança de 95%.

Tabela 1: ANCOVAs comparando o desempenho dos clusters em cada variável utilizada

Variáveis	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	f	df	p-valor
critério	Média (dp)	Média (dp)	Média (dp)	Média (dp)			valor
(escore z)							
Digit Span- Ordem Inversa 1=2=3<4	-0,47 (0,58)	-0,71 (0,76)	0,54 (0,65)	1,03 (0,67)	27,48	3	0,001
Cubos de Corsi- Span ordem inversa 1=3<2=4	-0,68 (0,96)	0,11 (0,87)	- 0,71 (0,64)	0,44 (0,92)	17,10	3	0,001
Figura de Rey 1<3<2= 4	-1,36 (0,70)	0,39 (0,60)	0,64 (1,13)	0,40 (0,57)	76,58	3	0,001
Fração de Weber (w) 3<1=2=4	-0,24 (0,68)	-0,19 (0,76)	-1,92 (0,94)	-0,25 (0,70)	63,88	3	0,001

## **Formação dos clusters**

### ***Cluster 1: Processamento visuoespacial (n=45)***

Como mostrado na Tabela 1, o Cluster 1 apresentou desempenho inferior ao Cluster 4 nas tarefas de Digit Span ( $p < 0,001$ ), cubos de Corsi ( $p < 0,001$ ) e figura de Rey ( $p < 0,001$ ), porém, obteve desempenho semelhante em *w*. Comparado ao Cluster 2, obteve desempenho inferior no cubos de Corsi ( $p < 0,001$ ) e figura de Rey ( $p < 0,001$ ), mantendo desempenho semelhante em *w* e no Digit Span. Quando comparado ao Cluster 3, obteve desempenho inferior apenas na figura de Rey ( $p < 0,001$ ).

A característica predominante neste Cluster foi um desempenho estatisticamente inferior no processamento visuoespacial, uma vez que apresentou um desempenho inferior a todos os grupos na Figura de Rey, e um baixo desempenho nos cubos de Corsi.

### ***Cluster 2: Memória de trabalho fonológica (n=82)***

O Cluster 2 apresentou desempenho inferior ao Cluster 4 ( $p < 0,001$ ) apenas na tarefa de Digit Span. Em relação às outras variáveis, o cluster 2 apresentou desempenho semelhante ao cluster 4, e superior aos clusters 1 e 3 (Tabela 1). Assim, a característica principal deste cluster é um pior desempenho na memória de trabalho fonológica.

### ***Cluster 3: Senso numérico (n=26)***

O cluster 3 foi o único no qual se observou comprometimento em todas as variáveis, incluindo o senso numérico. O Cluster 3 obteve desempenho inferior ao Cluster 4 em todas as variáveis ( $p < 0,001$ ). Quando comparado ao Cluster 2, obteve desempenho semelhante no Digit Span e inferior na figura de Rey ( $p < 0,001$ ), cubos de Corsi ( $p < 0,001$ ) e *w* ( $p < 0,001$ ). Em relação ao Cluster 1, obteve desempenho significativamente inferior apenas em *w* ( $p < 0,001$ ).

### ***Cluster 4: Desenvolvimento típico (n=91)***

O Cluster 4 obteve um desempenho significativamente superior nas variáveis neuropsicológicas quando comparado aos clusters anteriormente descritos.

### **Composição dos conglomerados**

Foi realizada uma análise descritiva para caracterizar cada cluster formado a partir das variáveis de idade, sexo e escolaridade. Posteriormente, foi realizada uma análise de variância (ANOVA), para investigar a influência da inteligência no desempenho de cada cluster.

#### ***Idade***

O Cluster 1 foi formado por crianças com média de idade igual a 9,33 (dp=0,92) anos. No cluster 2 a idade média da amostra foi de 9,57 (dp=0,96) anos. Já no Cluster 3 a média de idade foi igual a 9,15 (dp= 0,96) anos. No Cluster 4 a média de idade foi igual a 9,80 (dp= 1,02) anos.

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para investigar a existência de diferenças de idades entre os clusters. Foi encontrada uma diferença significativa ( $F = 4,155$ ;  $df=3$ ;  $p < 0,007$ ). Entretanto, após análises post-hoc através do método de Bonferroni, foi verificada apenas uma diferença marginalmente significativa entre os clusters 3 e 4 ( $p < 0,055$ ), com idade maior para o Cluster 4.

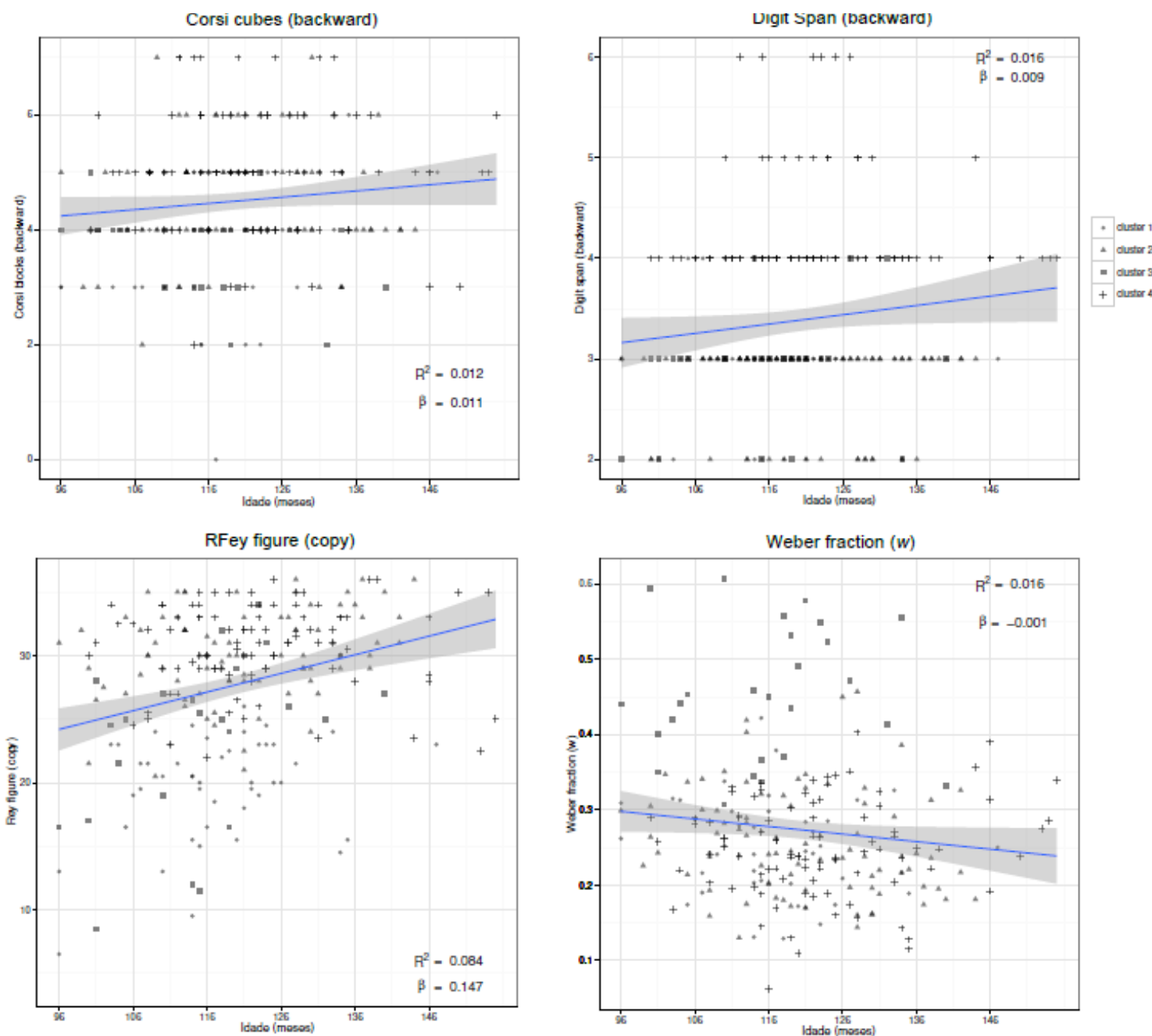


Figura 3: Relação entre idade e cada uma das variáveis critério.

Com o intuito de explorar a relação entre a idade e o desempenho nas variáveis critério foram analisados gráficos de dispersão do desempenho em função da idade. A Figura 3 mostra a relação entre a distribuição de idade em meses e as variáveis critério. A medida que apresentou a relação mais forte com a idade foi a cópia da Figura de Rey, mas com índices de magnitude baixa (beta = 0,147;  $R^2 = 0,084$ ) e não significativos ( $p > 0.05$ ).

### ***Sexo e Escolaridade***

Foi realizada uma análise de chi-quadrado para investigar a existência de diferenças na distribuição da escolaridade e sexo por cluster (Tabela 2). Não foi encontrada diferença significativa em relação à distribuição da escolaridade e sexo por cluster.

Tabela 2: Resultados do Chi-quadrado para a frequência de sexo e escolaridade por cluster.

	X <sup>2</sup>	df	p
Escolaridade	14,75	9	0,98
Sexo	1,09	3	0,77

### ***Inteligência***

Os quatro clusters formados apresentaram inteligência dentro dos padrões de normalidade (escore z médio =0,55, dp = 0,71). O Cluster 1 foi formado por crianças com escore z médio de inteligência igual a 0,14 (dp= 0,69). No Cluster 2 a inteligência média da amostra foi igual a 0,50 (dp= 0,60). Já no Cluster 3 a média de inteligência foi igual a 0,43 (dp= 0,73). No Cluster 4 a média de inteligência foi igual a 0,83 (dp= 0,67).

Foi observada uma diferença significativa entre os clusters ( $F= 11,25$ ;  $df=3$ ;  $p < 0,000$ ). Análises post-hoc, com correção de Bonferroni, mostraram que o cluster 1 apresenta inteligência inferior aos clusters 2 ( $p =0,02$ ) e 4 ( $p= 0,000$ ), mas semelhante ao Cluster 3 ( $p= 0,29$ ). O Cluster 2 obteve desempenho inferior apenas ao cluster 4 ( $p= 0,009$ ). O Cluster 3 não apresentou diferença significativa em relação aos Cluster 1 ( $p=0,29$ ), 2 ( $p= 1,00$ ) e 4 ( $p=0,089$ ). É importante ressaltar que, apesar das diferenças, o desempenho em inteligência situa-se na faixa da normalidade para todos os conglomerados.

### **Teste de Desempenho Escolar**

Nesta sessão será investigada a composição de cada cluster em função do subteste de Aritmética TDE. As crianças com desempenho inferior ao percentil 25 no subteste de Aritmética foram nomeadas como dificuldade na aritmética (DA). As demais crianças foram classificadas como apresentando aprendizagem típica (AT). A Tabela 3 mostra as frequências absolutas e relativas de ocorrência dos perfis de desempenho escolar para cada conglomerado.

Tabela 3: Distribuição do desempenho dos clusters de acordo com o TDE

Classificação pelo TDE		Clusters				Total TDE
		1	2	3	4	
AT	Frequência Absoluta	29	51	14	80	174
	Frequência Relativa	64,4%	62,2%	53,8%	87,9%	71,3%
DA	Frequência Absoluta	16	31	12	11	70
	Frequência Relativa	35,6%	37,8%	46,2%	12,1%	28,7%
Total	Frequência Absoluta	45	82	26	91	244
Clusters	Frequência Relativa	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

O Cluster 4, que foi caracterizado como típico em relação às variáveis neuropsicológicas, foi composto em sua maioria (88%) de crianças AT. Os clusters com baixo desempenho neuropsicológico (1, 2 e 3) também foram compostos em sua maioria por crianças AT, mas apresentaram maior frequência de crianças com dificuldades de aprendizagem da aritmética (DA), comparativamente ao Cluster 4.

Através do teste de chi-quadrado, foi possível verificar uma diferença significativa na distribuição de DA e AT entre os clusters ( $\chi^2 = 20,5$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ ). Os resultados evidenciam então uma associação entre desempenho neuropsicológico inferior e maior frequência de dificuldades de aprendizagem da matemática.

Após uma análise de covariância (ANCOVA), utilizando a inteligência como co-variável, foi verificada uma diferença no desempenho na Aritmética do TDE entre os Clusters, quando considerado apenas as crianças classificadas como AT pelo TDE ( $F = 10,23$ ;  $df = 3$ ;  $p < 0,001$ ). O desempenho em Aritmética das crianças classificadas como AT nos Clusters 1 e 3, apesar de situar-se na faixa típica, foi significativamente inferior ao desempenho das crianças A.T. no Cluster 4 (1:  $p < 0,16$ ; 3:  $p < 0,001$ ). O cluster 2 diferiu apenas do cluster 3, sendo significativamente superior ( $p < 0,007$ ). Isso indica que o pior desempenho em tarefas neuropsicológicas se associa a um pior desempenho em Aritmética (Cluster 3) mesmo quando esse último situa-se na faixa típica de variação.

### Desempenho diferencial dos Clusters nos cálculos aritméticos

Para avaliar a existência de um padrão de desempenho na aritmética, relacionado aos perfis neuropsicológicos caracterizados a partir de déficits cognitivos específicos e gerais, utilizou-se uma tarefa de cálculos aritméticos, composta por subtestes de adição, subtração e multiplicação, todos divididos entre cálculos simples e complexos. A Figura 4 mostra o desempenho de cada cluster nas tarefas de cálculo.

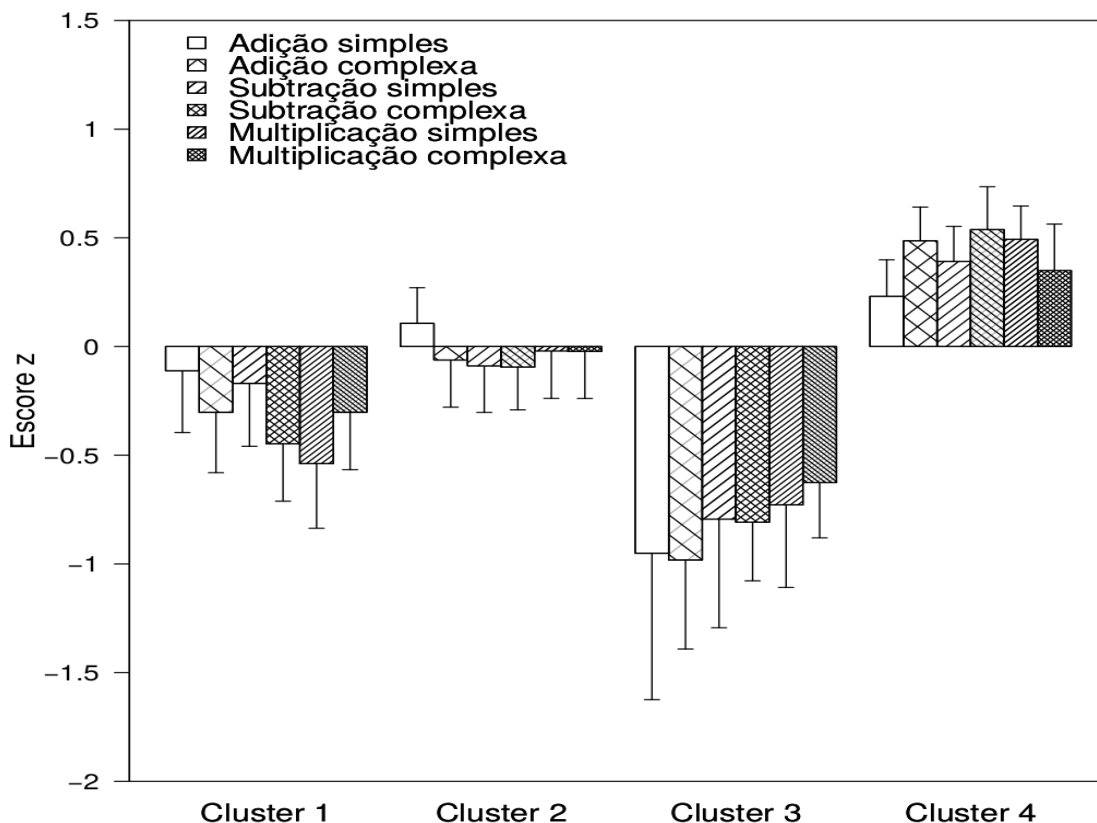


Figura 4: Desempenho dos clusters nos cálculos aritméticos. Barras representam intervalo de confiança de 95%.

De um modo geral, o desempenho de todos os clusters nos cálculos situou-se na faixa entre -1 e +1 desvio padrão. O Cluster 1 apresentou desempenho em todas as operações de cálculos abaixo da média, sendo que nas operações de subtração complexa e multiplicação simples, obteve desempenho 0,5 desvio padrão abaixo. O desempenho do Cluster 2 situou-se na faixa ao redor da média, obtendo melhor desempenho nos cálculos de adição simples. Já o desempenho do cluster 3 situou-se abaixo da média nas operações simples e complexas de adição, subtração e multiplicação. Finalmente, o desempenho do cluster 4 situou-se acima da média para todas as operações.

O grupo com melhor desempenho neuropsicológico (Cluster 4) apresentou também melhor desempenho nas operações de cálculos. O Cluster 3, com pior desempenho neuropsicológico em todas as tarefas também apresentou pior desempenho em todas as operações de cálculos. Os Clusters 1 e 2 apresentaram um perfil intermediário de desempenho, salientado que o Cluster 1 apresentou pior desempenho nos cálculos de subtração complexa e multiplicação simples. Para investigar diferenças estatisticamente significativas de desempenho entre os Clusters nos cálculos aritméticos, foi realizada uma análise de covariância (ANCOVA). A inteligência foi utilizada como co-variável através de comparações post-hoc, utilizando-se o método de Bonferroni.

Tabela 4: ANCOVAs comparando o desempenho de cada cluster nos cálculos aritméticos

Cálculos	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	F	df	p	eta
Aritméticos (escore z)	Média (dp)	Média (dp)	Média (dp)	Média (dp)				
Adição Simples	-0,11 (0,94)	0,11 (0,74)	-0,95 (1,66)	0,23 (0,81)	10,22	3	0,001	0,11
Adição complexa	-0,31 (0,92)	-0,06 (0,98)	-0,98 (1,01)	0,48 (0,74)	19,36	3	0,001	0,19
Subtração simples	-0,16 (0,96)	-0,08 (0,97)	-0,79 (1,23)	0,39 (0,77)	11,11	3	0,001	0,12
Subtração complexa	-0,44 (0,87)	-0,09 (0,89)	-0,81 (0,66)	0,53 (0,94)	18,34	3	0,001	0,19
Multiplicação simples	-0,53 (0,98)	-0,02 (0,99)	-0,72 (0,94)	0,49 (0,73)	16,61	3	0,001	0,17
Multiplicação complexa	-0,31 (0,87)	-0,02 (0,98)	-0,62 (0,62)	0,34 (1,02)	8,01	3	0,001	0,09

O Cluster 1 obteve desempenho significativamente inferior ao Cluster 4 nos cálculos de adição complexa ( $p < 0,001$ ), subtração simples ( $p < 0,022$ ) e complexa ( $p < 0,001$ ) e multiplicação simples ( $p < 0,001$ ). Apresentou desempenho significativamente inferior ao Cluster 2 apenas na tarefa de multiplicação simples ( $p = 0,028$ ), entretanto, não diferiu do Cluster 3 (pior desempenho em todos os cálculos) na subtração complexa e multiplicação. Assim, as dificuldades mais acentuadas do cluster 1 foram na subtração complexa e multiplicação.



O Cluster 2 obteve desempenho inferior ao Cluster 4 nas tarefas de adição complexa ( $p < 0,001$ ), subtração simples ( $p < 0,009$ ) e complexa ( $p < 0,001$ ) e multiplicação simples ( $p < 0,004$ ). Obteve desempenho superior ao Cluster 3 em todos os cálculos. Assim, o Cluster 2 não apresentou uma dificuldade específica em nenhum dos cálculos, obtendo desempenho mais próximo ao Cluster 4.

O cluster 3 apresentou desempenho significativamente inferior aos Clusters 1, 2 e 4 nos cálculos de adição simples (Cluster 1:  $p < 0,001$ ; Cluster 2:  $p = 0,000$ ; Cluster 4:  $p = 0,000$ ), adição complexa (Cluster 1:  $p < 0,013$ ; Cluster 2:  $p < 0,001$ ; Cluster 4:  $p = 0,000$ ) e subtração simples (Cluster 1:  $p < 0,041$ ; Cluster 2:  $p < 0,006$ ; Cluster 4:  $p < 0,000$ ). Na subtração complexa seu desempenho foi inferior ao Cluster 2 ( $p < 0,003$ ) e 4 ( $p < 0,001$ ), Mantendo mesmo padrão na multiplicação simples (Cluster 2:  $p < 0,004$ ; Cluster 4:  $p < 0,001$ ) e multiplicação complexa (Cluster 2:  $p < 0,033$ ; Cluster 4:  $p < 0,001$ ).

O Cluster 4, composto por crianças sem déficits neuropsicológicos, obteve desempenho superior à todos os grupos em cálculos simples e complexos, exceto na adição simples, e multiplicação complexa, nas quais o desempenho não diferiu dos Clusters 1 e 2.

### **3.4 DISCUSSÃO**

O objetivo principal do presente estudo foi verificar se diferentes perfis neuropsicológicos se associam ao desempenho em vários aspectos da aritmética. O objetivo foi elucidar os mecanismos cognitivos subjacentes ao desempenho em um teste padronizado de desempenho em aritmético e às habilidades de cálculo elementar.

Uma análise hierárquica de clusters evidenciou a formação de quatro conglomerados com distintos perfis de desempenho neuropsicológico. O Cluster 1 apresentou desempenho abaixo da média da amostra porém dentro da faixa de normalidade em tarefas relacionadas ao processamento visuoespacial (cópia da figura de Rey e cubos de Corsi). O Cluster 2 apresentou desempenho normal porém abaixo da média da amostra na memória de trabalho fonológica, porém também dentro da faixa normal de variação. O desempenho do Cluster 3 também se apresentou abaixo da média amostral porém na faixa normal de variação para todas as variáveis, com exceção da acurácia do senso numérico. A acurácia do senso numérico foi

significativamente inferior no Cluster 3. Finalmente, o Cluster 4 apresentou um desempenho acima da média em todas as variáveis neuropsicológicas. As diferenças intergrupos para as variáveis características de cada cluster foram estatisticamente significativas.

Posteriormente os clusters foram caracterizados de acordo com a idade, sexo, escolaridade e inteligência. Foi encontrada uma diferença marginalmente significativa entre os Clusters 3 e 4, considerando a idade média de cada conglomerado. Entretanto, essa diferença não foi encontrada em relação à escolaridade e sexo. Foi verificada ainda, uma diferença significativa entre a inteligência média dos Clusters 1 e 4. Considerando esse achado, todas as análises de comparação de grupos controlaram a inteligência com o intuito de minimizar os efeitos de tal diferença.

Após a formação dos clusters, objetivou-se avaliar o padrão de desempenho na Aritmética, considerando os diferentes perfis neuropsicológicos encontrados. Definindo a dificuldade de aprendizagem da matemática como sendo um desempenho inferior ao percentil 25 no subteste Aritmética do TDE, a mesma foi mais frequente no Cluster 3 - Senso numérico (46%) e menos frequente no Cluster 4 - Típico (12%). A frequência de crianças com dificuldades de aprendizagem numa faixa intermediária para os Clusters 1 - Visoespacial e 2 - Fonológico, sendo igual respectivamente a 35% e 37%.

Considerando os cálculos aritméticos não foi encontrada uma associação entre os distintos perfis neuropsicológicos e o desempenho em tipos específicos de operações (adição, subtração e multiplicação). Entretanto, o Cluster 3 - Senso numérico apresentou um desempenho em torno de um desvio-padrão abaixo da média amostral em todos os tipos de operação aritmética. Por outro lado, o desempenho do Cluster 1 - Visoespacial situou-se em torno de 0,5 dp abaixo da média amostral. O desempenho do Cluster 2 - Fonológico nas operações de cálculo situou-se bem próximo à média amostral.

#### *Associação entre o perfil cognitivo e o desempenho na matemática*

Os Clusters formados através da análise hierárquica de clusters diferiram quanto ao perfil neuropsicológico. Tal achado foi associado ao desempenho na aritmética, considerando cada perfil encontrado.

O Cluster 1, composto por crianças que apresentaram dificuldades visuoespaciais, obteve um baixo desempenho em tarefas relacionadas à subtração complexa e multiplicação. Esse resultado aponta para o fato de que as dificuldades visuoespaciais constituem um grupo candidato a formar um tipo relativamente específico de DAM. Esse achado corrobora dados da literatura, que evidenciam a relação entre as habilidades visuoespaciais e a DAM (Bachot, Gevers, Fias & Roeyers, 2005; Li & Geary, 2013) Mamarella, Lucangeli & Cornoldi (2010) encontraram uma diferença no desempenho em tarefas relacionadas à cognição numérica entre crianças com e sem déficits visuoespaciais. Verificou-se, então, que as crianças com déficits na memória de trabalho visuoespacial apresentaram mais erros relacionados às tarefas de cálculos escritos e foram mais lentas em uma tarefa que exigia a ordenação de numerais arábicos, apresentando desempenho inferior quando comparadas ao grupo controle. Além disso, os erros em cálculos aritméticos mais complexos, que exigem maior número de procedimentos na execução (Ex: operações com empréstimos entre colunas), tem sido associados à presença de dificuldades visuoespaciais (Venneri, Cornoldi & Garuti, 2003).

No Cluster 2 foi encontrado um pior desempenho relacionado à memória de trabalho fonológica, porém ainda dentro da faixa de normalidade (0,7 dp abaixo da média). Esse desempenho não foi capaz de influenciar, de forma muito negativa, a performance do grupo na matemática. Os resultados foram sugestivos de uma menor associação entre a memória de trabalho fonológica e a formação de um subtipo específico de DAM. Diversos estudos têm apontado a importância da memória de trabalho fonológica para a aprendizagem da matemática (Imbo & Vandierendonck, 2007a; Seyler, Kirk, & Ashcraft, 2003). Essa importância vai desde a execução de tarefas com um maior componente verbal, como problemas matemáticos verbalmente formulados (Jordan, Wylie & Mulhern, 2010), até em tarefas de transcodificação entre representações verbais (Moura et.al, 2013). Em tarefas de cálculos aritméticos, a memória de trabalho fonológica, juntamente com a memória de trabalho visuoespacial, é responsável pela manipulação de procedimentos principalmente relacionados à multiplicação e subtração (Cavdaroglu & Knops, 2015). No entanto, alguns estudos demonstram que a interferência da memória de trabalho fonológica não foi relacionada à prejuízos no desempenho em problemas de multiplicação de um único dígito, particularmente para problemas de multiplicação simples (De Rammelaere et al., 2001; Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000, 2002), sendo necessárias assim, mais investigações sobre esse grupo.

Nossa hipótese, portanto, é de que as operações aritméticas testadas nesse estudo sejam relativamente simples e não imponham tantas demandas quanto à memória de trabalho fonológica. A previsão é de que operações de cálculo multidigital ou resolução de problemas verbalmente formulados possam impor uma demanda maior quanto à esse tipo de memória. Essas hipóteses são reforçadas pelo fato de que o comprometimento nas operações simples foi mínimo, mas a frequência de crianças com dificuldades no TDE foi expressiva no Cluster 2 (37%). O subteste Aritmética do TDE não se restringe às operações simples, mas compreende tarefas bem mais complexas, como p. ex., o cálculo multidigital. Dessa forma, as dificuldades podem ser suficientes para comprometer o desempenho no TDE Aritmética, sem, entretanto, afetar o desempenho nas operações mais elementares.

O Cluster 3, por sua vez, apresentou desempenho abaixo da média, porém em uma faixa de normalidade, em relação às variáveis que avaliaram memória de trabalho e processamento visuoespacial. Entretanto, apresentou um prejuízo relacionado ao senso numérico (2 dp abaixo da média). Esse perfil de comprometimento foi associado a um baixo desempenho generalizado na matemática, indicando que um déficit no senso numérico pode ser responsável por um maior prejuízo no desenvolvimento das habilidades matemáticas. Além disso, o Cluster 3 foi o menor cluster formado, agrupando 26 crianças, da amostra de 244. Rubinsten e Henik (2009), em um estudo de revisão, sugeriram a existência de vários perfis neuropsicológicos, divididos em um nível biológico, cognitivo e comportamental, que seriam responsáveis por distintos subtipos de DAM. Os autores sugeriram que um subtipo, relacionado a um déficit no senso numérico constituiria um quadro de Discalculia do Desenvolvimento (DD). Esse tipo de déficit seria menos prevalente, resultando também em uma frequência menor da DD, quando comparada à DAM, ocorrendo em torno de 3% à 6% de crianças em idade escolar (von Aster & Shalev, 2007). Já os déficits cognitivos de domínio geral seriam responsáveis por dificuldades também menos específicas, resultando em prejuízos menos severos. Assim uma hipótese muito discutida é de que a DD origina-se de um déficit central no senso numérico (Mazzocco et al, 2011; Piazza, 2010), que seria suficiente para explicar um fraco desempenho tanto em tarefas não simbólica, quanto simbólicas de processamento numérico (Andersson & Ostergren, 2012). Essa hipótese está de acordo com os achados relacionados ao Cluster 3, que apresentou um déficit no senso numérico e um maior comprometimento em habilidades matemáticas. Os resultados sugerem que crianças com déficits no senso numérico apresentam maiores dificuldades na

aprendizagem da Aritmética e tendem a se congregarem em um grupo relativamente homogêneo quanto ao desempenho.

Por fim, o Cluster 4 apresentou desempenho acima da média em todas as variáveis critério, bem como, nos cálculos aritméticos de adição, subtração e multiplicação. Além disso, foi constituído, em sua maioria, por crianças classificadas como AT pelo TDE. Tal achado sugere que um melhor desempenho cognitivo se associa a um melhor desempenho na aritmética.

Os achados sugerem que existe uma associação entre variáveis cognitivas, como memória de trabalho, habilidades visuoespaciais e o senso numérico, e o desempenho em aritmética. Os resultados encontrados contribuem para a hipótese amplamente discutida na literatura, de que uma multiplicidade de variáveis cognitivas estaria associada ao desempenho em aritmética, contribuindo para um perfil heterogêneo de comprometimento na DAM (Von Aster, 2000; Bartlett et al., 2014). Diversos estudos corroboram esse achado, demonstrando a importância de cada um desses mecanismos, para a aprendizagem da matemática (Attou, Noël, Majerus, 2014; Ferreira et al., 2012; Costa et al. 2011).

Algumas características do estudo precisam ser consideradas, as quais podem constituir limitações. A ampla faixa etária investigada e a diferença na inteligência entre os grupos podem influenciar nos achados. É importante salientar que, a idade e a inteligência foram controladas estatisticamente. A dispersão da idade foi controlada através da utilização de escore z, padronizado por série. Mesmo assim, é impossível afastar a hipótese de algumas variáveis cognitivas exercerem efeitos específicos em determinadas faixas etárias. Por exemplo, Bull, Espy & Wiebe (2008) encontraram que a memória de trabalho visuoespacial foi mais importante em um primeiro momento da escolarização inicial, passando a memória de curto fonológica a exercer maior influência com o decorrer do tempo.

Já a inteligência foi utilizada como covariável em todas as análises de comparação de grupos, com o intuito de minimizar os efeitos da diferença. Apesar de a gama de variação na inteligência ser normal no Cluster 1 - visuoespacial, ela foi significativamente menor em relação ao Cluster 4. É preciso considerar ainda que o teste das Matrizes Progressivas Coloridas de Raven envolve predominantemente análise de relações espaciais. Dessa forma, não é possível excluir possíveis efeitos da inteligência, principalmente no que se refere ao Cluster 1.

Uma característica adicional do presente estudo é o fato de que a amostra não é representativa da população. A estratégia de amostragem foi recrutar crianças de dois grupos, com desempenho abaixo ou acima do percentil 25 no subteste Aritmética do TDE. Essa estratégia de amostragem pode ter contribuído para acentuar a homogeneidade dos grupos formados, permitindo assim o identificar relações entre o perfil cognitivo e o desempenho em aritmética. Mas as frequências de ocorrência de dificuldades de aprendizagem da matemática nos diversos grupos não são representativas da sua prevalência na população.

As duas características mais originais do estudo dizem respeito à identificação de dois possíveis subtipos de crianças com dificuldades de aprendizagem da matemática. Alguns estudos prévios já haviam demonstrado o senso numérico se associa ao desempenho em aritmética tanto em amostras típicas (Halberda et al., 2008) quanto em crianças com dificuldades de aprendizagem da matemática (Mazzocco et al., 2011, Piazza et al., 2010, Pinheiro-Chagas et al., 2014). Entretanto, esse é o primeiro estudo no qual foi possível identificar um grupo relativamente homogêneo de crianças com déficits graves no senso numérico associados a comprometimentos generalizados no desempenho em aritmética. As crianças do Cluster 3 apresentaram comprometimentos graves no senso numérico face a um desempenho abaixo da média porém dentro da normalidade nas outras variáveis cognitivas.

O segundo resultado relevante é a caracterização das dificuldades de processamento visoespacial como um possível subgrupo de dificuldades de aprendizagem da matemática. Os resultados com o Cluster 1 - Visoespacial não são, entretanto, tão nítidos quanto para o Cluster 3 - Senso numérico. O Cluster 1 foi o único a obter um desempenho mais baixo no teste de inteligência comparativamente ao Cluster 2 e 4. Houve também uma pior performance, ainda que dentro da normalidade na tarefa de memória fonológica. A acurácia no senso numérico situou-se na faixa normal de variação para o Cluster 1.

Finalmente, é preciso comentar sobre o desempenho na tarefa de Digit Span, que avaliou a memória de curto-prazo fonológica. Com exceção do Cluster 4 - Típico, todos os outros conglomerados apresentaram alguma dificuldade com essa tarefa. A especificidade do Cluster 2 - Fonológico é caracterizada, entretanto, pelo fato de que a) o desempenho no teste de Digit Span foi o pior comparativamente aos outros grupos (cerca de 1 dp abaixo da média) e b) o

desempenho nas três outras tarefas situou-se acima da média amostral. Apesar de a frequência de indivíduos com dificuldades na matemática ter sido alta no Cluster 2 - Fonológico, as mesmas não foram de gravidade suficiente para afetar a resolução das operações aritméticas mais elementares.

### **3.5 CONCLUSÕES**

Os resultados do presente estudo estão de acordo com a visão de que múltiplos mecanismos cognitivos são envolvidos na aprendizagem da matemática. Através de uma análise hierárquica de clusters foi possível encontrar diversos perfis de desempenho cognitivo que se associaram ao desempenho em aritmética, sendo o pior desempenho, relacionado ao comprometimento da acurácia do senso numérico. Dificuldades no processamento fonológico mas principalmente no processamento visuospeacial também emergiram como candidatas a constituir subgrupos relativamente homogêneos de dificuldades de aprendizagem escolar. Os resultados estão, portanto, de acordo com a hipótese de que as dificuldades de aprendizagem da aritmética podem ser reduzidas a um número grande porém restrito de mecanismos cognitivos, alguns dos quais foram investigados no presente estudo. Os resultados indicam também que as dificuldades de aprendizagem da matemática podem se apresentar sob a forma de grupos relativamente homogêneos de déficits cognitivos específicos. Mais estudos são necessários para elucidar essas questões, com amostras maiores e representativas da população, como também a partir da análise de casos isolados.

A possibilidade de que as dificuldades de aprendizagem da matemática sejam redutíveis a grupos distintos de mecanismos cognitivos envolvidos tem implicações clínicas. A principal delas é a importância de considerar o subtipo, caracterizando precisamente os mecanismos cognitivos envolvidos e utilizando essas informações para programar as intervenções.

### 3.6 REFERÊNCIAS

- Angelini, A. L., Alves, I. C. B., Custódio, E. M., Duarte, W. F., & Duarte, J. L. M. (1999). *Matrizes Progressivas Coloridas de Raven: Escala Especial. Manual.* São Paulo: CETEPP.
- Auerbach JG, Gross-Tsur V, Manor O, Shalev RS. (2008). Emotional and behavioral characteristics over a six-year period in youths with persistent and nonpersistent dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities* 41:263-73.
- Archibald, L. M. D., Oram, J., Joanisse, M. C. & Ansari, D. (2013). Language, Reading, and Math Learning Profiles in an Epidemiological Sample of School Age Children, *Pos One*, 8(10).
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417–423.
- Badian, N. A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. In H.R. Myklebust (ed.), *Progress in learning disabilities* (Vol. 5, pp 235-264). New York: Stratton.
- Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in Developmental Disabilities*, 35(3), 657-670.
- Butterworth, B. (2011). Foundational Numerical Capacities and the Origins of Dyscalculia. *Trends in cognitive sciences*, 14(12), 534-541.
- Bynner, J., & Parsons, S. (1997). Does Numeracy Matter? Evidence from the National Child Development Study on the Impact of Poor Numeracy on Adult Life. Report: ED406585. 53pp. Jan 1997.
- Costa, A. J., Lopes-Silva, J. G., Pinheiro-Chagas, P., Krinzinger, H., Lonnemann, J., Willmes, K., Wood, G. & Haase. V. G. (2011). A hand full of numbers: a role for offloading in arithmetics learning. *Frontiers in Psychology*, 2, 368.
- Defever, E., Sasanguie, D., Gebuis, T., & Reynvoet, B. (2011). Children's representation of symbolic and nonsymbolic magnitude examined with the priming paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(2), 174-186.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology*, 20(3-6), 487-506.
- Dehaene, S. (2007). Symbols and quantities in parietal cortex: Elements of a mathematical theory of number representation and manipulation. In P. Haggard, Y. Rosseti & M.



- Kawato (orgs). *Sensorimotor foundations of higher cognition: attention & performance XXII*, (pp 27-574), Cambridge, MA:Harvard University Press.
- Dowker, A. (2005). Individual differences in arithmetic: Implications for psychology, neuroscience and education. New York, USA: Psychology Press.
- Dutra, Ronyê Mitchell O., Mauricio Sperandio, and Jorge Coelho. "O método Ward de agrupamento de dados e sua Aplicação em associação com os mapas auto-organizáveis de Kohonen." Brasil: Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina (2008).
- Figueiredo, V. L. M.; Nascimento, E. (2007). Desempenhos nas duas tarefas do subteste Dígitos do WISC-III e do WAIS-III. *Psicologia Teoria e Pesquisa*, 23, 313–138.
- Ferreira, F. O., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K. & Haase, V. G. (2012). Explaining school mathematics performance from symbolic and nonsymbolic magnitude processing: similarities and differences between typical and low-achieving children. *Psychology & Neuroscience*, 5, 37-46.
- Geary, D. C. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological bulletin*, 114(2), 345.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). 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.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 37(1), 4-15.
- Geary, D. C. (2010). Mathematical disabilities: Reflections on cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 130-133.
- Geary, D. C. (2011). Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning disabilities and persistent low achievement in mathematics. *Journal of developmental and behavioral pediatrics*, 32(3), 250-263.
- Gross-Tsur V, Manor O, Shalev RS. (1996) Developmental dyscalculia: prevalence and demographic features. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 38, 25–33.
- Haase, V. G., Júlio-Costa, A., Pinheiro-Chagas, P., Oliveira, L. F. S., Micheli, L. R. & Wood, G. (2012). Math self-assessment, but not negative feelings, predicts mathematics performance of elementary school children. *Child Development Research*, [Article ID 982672](#), 10 pages,
- Haase, V. G., Silva, J. B. L., Antunes, A. M., Starling-Alves I., Júlio-Costa, A., Pinheiro-

- Chagas, P., Moura, R. J., & Wood, G. (2013). Com quantos bytes se reduz a ansiedade matemática? A inclusão digital como uma possível ferramenta na promoção do capital mental. In L. E. L. R. do Valle, J. W. da Costa & M. J. V. M. de Matos (Eds.), *Educação Digital*. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Halberda, J., Mazocco, M. M., and Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature* 455, 665–668.
- Jordan, J. A., Wylie, J., & Mulhern, G. (2010). Phonological awareness and mathematical difficulty: A longitudinal perspective. *British Journal of Developmental Psychology*, 28(1), 89-107.
- Jordan, N. C. (2007). Do words count? Connections between mathematics and reading difficulties. In D. B. Berch & M. M. M. Mazocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities*, (pp. 107-120), Baltimore, MA: Brookes.
- Júlio-Costa, A., Antunes, A. M., Lopes-Silva, J. B., Moreira, B. C., Vianna, G. S., Wood, G., Carvalho, M. R. S., et al. (2013). Count on dopamine: Influences of COMT polymorphisms on numerical cognition. *Frontiers in Psychology*, 4(AUG).
- Kessels, R. P., Zandvoort, M. J. van, Postma, A., Kappelle, L. J., & Haan, E. H. de. (2000). The Corsi Block-Tapping Task: standardization and normative data. *Applied neuropsychology*, 7, 252–258.
- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: Prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 51(3), 287-294.
- Li, Y., & Geary, D. C. (2013). Developmental Gains in Visuospatial Memory Predict Gains in Mathematics Achievement. *PLoS ONE*, 8(7).
- Lopes-Silva, J. B., Moura, R., Júlio-Costa, A., Haase, V. G., & Wood, G. (2014). Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. *Frontiers in Psychology*, 5(JAN).
- Mazocco, M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Development*, 82(4), 1224-1237.
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of experimental child psychology*, 74(3), 240-260.
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., & Nuerk, H. C. (2012).

Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive processing*, 13(1), 271-274.

- Moura, R., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K., & Haase, V. G. (2013). Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: The role of working memory and procedural and lexical competencies. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(3), 707-727.
- Mundy, E., & Gilmore, C. K. (2009). Children's mapping between symbolic and nonsymbolic representations of number. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 490-502.
- Murphy, M. M., Mazzocco, M. M., Hanich, L. B., & Early, M. C. (2007). Cognitive characteristics of children with mathematics learning disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities*, 40(5), 458-478.
- Noël, M.-P. (2009). Counting on working memory when learning to count and to add: A preschool study. *Developmental Psychology*, 45(6), 1630-1643.
- Oliveira, M. S. (1999). Figuras complexas de Rey: teste de cópia e de reprodução de memória de figuras geométricas complexas. Manual André Rey. São Paulo, SP: Casa do Psicólogo.
- Oliveira, L. F. S., Vianna, G. S., Di Ninno, C. Q. M. S., Giacheti, C. M., Carvalho, M. R. S., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., & Haase, V. G. (2014). Impaired acuity of the approximate number system in 22q11.2 microdeletion syndrome. *Psychology & Neuroscience*, 7, 151-158.
- Parsons, S., & Bynner, J. (1997). Numeracy and employment. *Education & Training*, 39, 43-51.
- Piazza, M., Izard, V., Pinel, P., LeBihan, D., and Dehaene, S. (2004). Tuning curves for approximate numerosity in the human parietal cortex. *Neuron* 44, 547-555.
- Piazza M, & Dehaene S. (2004). From number neurons to mental arithmetic: the cognitive neuroscience of number sense. In: Gazzaniga M. *The Cognitive Neurosciences*, 3rd edition. MIT Press.
- Piazza, M. (2010). Neurocognitive start-up tools for symbolic number representations. *Trends in Cognitive Sciences*, 14 (12), 542-551.
- Pinheiro-Chagas, P., Wood, G., Knops, A., Krinzinger, H., Lonnemann, J., Starling-Alves, I., Willmes, K., & Haase, V. G. (2014). In how many ways is the approximate number system associated with exact calculation? *Plos One*, 9(11).

- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*(2), 110-122.
- Ramaa, S., & Gowramma, I.P. (2002). A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia, 8*, 67–85.
- Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities, 30*, 34–46.
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental Dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(12), 93-99.
- Simmons, F. R., & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia, 14*, 77-94.
- Shalev, R., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (1997). Neuropsychological aspects of developmental dyscalculia. *Mathematical Cognition, 3*, 105-120.
- Stein, L. M. (1994). *Teste de Desempenho Escolar*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: Varieties of developmental dyscalculia. *European Child and Adolescent Psychiatry, 9*(SUPPL. 2).
- Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology, 49*, 868–873.

#### **4. Estudo 2: Dificuldade de aprendizagem na matemática causada por déficits executivos: Um estudo de caso.**

Larissa Salvador<sup>1,3\*</sup>

Danielle Piuzana Barbosa<sup>1,3\*</sup>

Júlia Silva<sup>2,3</sup>

Annelise Júlio-Costa<sup>1,3</sup>

Ricardo Moura<sup>1,3</sup>

Vitor Geraldi Haase<sup>1,2,3</sup>

\*nota: as autoras colaboraram igualmente para o estudo

1 Programa de Pós-graduação em Neurociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

2 Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento, Departamento de Psicologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

3 Programa de Pós-graduação da Saúde da Criança e do Adolescente, Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.

## RESUMO

As dificuldades de aprendizagem na matemática são heterogêneas do ponto de vista de mecanismos cognitivos subjacentes, podendo ser divididas em mecanismos gerais e mecanismos específicos. Apesar do baixo poder de generalização dos resultados, estudos de casos proporcionam a possibilidade de melhor compreensão dos comprometimentos cognitivos e cerebrais. O objetivo desse estudo foi investigar um caso de dificuldade de aprendizagem da matemática e compreender os mecanismos cognitivos subjacentes relacionados ao baixo desempenho na matemática. A paciente, MM apresenta um quadro compatível com a discalculia do desenvolvimento, com déficits proeminentes relacionados às funções executivas e ansiedade matemática. Assim, foi proposta uma intervenção para investigar a especificidade de um déficit cognitivo geral, como em funções executivas, para o desempenho em matemática. Nossa hipótese é de que tal déficit se associa à ansiedade matemática, resultando em uma especificidade de comprometimento no desempenho em aritmética. Após uma intervenção para manejo de ansiedade, embasada em técnicas cognitivo-comportamentais, a paciente apresentou melhora significativa em relação ao manejo da ansiedade. Entretanto, não houve melhora em todos os aspectos da aritmética, investigados. M.M não obteve melhora significativa em relação ao desempenho em tarefas de cálculos de multiplicação, sendo essa, sua maior dificuldade, apresentada durante a avaliação. Tais resultados sugerem que a ansiedade matemática, apresentada por M.M, não foi capaz de explicar o quadro de baixo desempenho na matemática, sendo esse, melhor explicado pelos déficits cognitivos apresentados.

**Palavras-chave:** Dificuldade de aprendizagem na matemática, Heterogeneidade, memória operacional, ansiedade matemática.

## **ABSTRACT**

The heterogeneity of mathematical learning difficulties are related to impairments that can affect both general and specific cognitive mechanisms. Despite of the low power of generalization, case studies show the possibility to better understand the cognitives and cerebral impairments. The objective of the present study is to investigate a case of mathematics learning difficulties and elucidate the underlying cognitive mechanisms related to the poor mathematical achievement. MM is a patient who presents a profile of developmental dyscalculia, with prominent impairments in executive functions and math anxiety. An intervention program was designed to address the specificity of a general cognitive impairment, such as executive functions, for math achievement. ouR hypothesis is that her impairment in executive functions is associated to math anxiety, resulting in a specific profile of math difficulty. After the intervention to anxiety management, based at cognitive-behavioral techniques, MM showed significant improvements in the anxiety management. However, MM did not show improvements in scores at every math skills investigated. M.M did not show significative gains in multiplication calculations tasks, regarding this is her most severe difficulty. These results suggest that M.M.'s math anxiety was not capable to explain her low math achievement. Therefore, we argue here that MM low achievement was better described by her cognitive impairments.

**Keywords:** Learning difficulties in mathematics, heterogeneity, working memory, math anxiety

## 4.1 INTRODUÇÃO

A competência na matemática consiste na aplicação de inúmeras habilidades. Os fatores que influenciam na aquisição destas habilidades vão desde a qualidade do ensino e nível socioeconômico até aspectos cognitivos e emocionais, marcados por uma alta variabilidade interindividual. No Brasil, a pesquisa sobre a influência de fatores ambientais na aprendizagem da matemática é extensa (Almeida, 2006; Oliveira et. al, 2013). No entanto, os estudos que investigam mecanismos cognitivos envolvidos na aprendizagem da aritmética e seus transtornos ainda são incipientes, em especial do ponto de vista experimental.

Do ponto de vista psicossocial, as habilidades matemáticas têm sido apontadas como preditores importantes de salário e emprego (Bynner & Parsons, 1997; Parsons & Bynner, 1997), além de serem apontadas como uma grande causa de evasão escolar (Duncan, Dowsett & Claessens, 2007). Essas habilidades são necessárias em diversas tarefas do dia a dia, como lidar com quantidades, com os códigos numéricos e realizar cálculos simples e complexos (Auerbach, Gross-Tsur, Manor & Shalev, 2008; Li & Geary, 2013). Dessa forma, as dificuldades na aprendizagem da matemática (DAM) se apresentam como fatores limitadores não apenas do sucesso acadêmico-profissional, mas também do funcionamento adaptativo desta população.

A discalculia do desenvolvimento é definida como um transtorno específico de aprendizagem da matemática, caracterizada por dificuldades persistentes, de moderadas à graves, e que não podem ser atribuídas a déficits intelectuais, sensoriais ou privação educacional (Shalev, Manor & Gross-Tsur, 1997). Os estudos estimam que a prevalência da discalculia do desenvolvimento varia entre 3% e 6% da população de crianças em idade escolar (Shalev, Manor & Gross-Tsur, 1997). A Dificuldade de Aprendizagem da Matemática (DAM) é um conceito mais amplo, geralmente definido à partir de critérios de classificação menos rigorosos, como desempenho abaixo do percentil 25, 30 ou 50 em tarefas padronizadas de matemática (Murphy, Mazzocco, Hanich, & Early, 2007). As causas da DAM podem ser atribuídas a qualquer fator que prejudique o desempenho da criança, desde falta de nutrição, passando por desmotivação, falta de estimulação até um baixo desempenho acadêmico geral (Mazzocco, 2007, Kaufmann & von Aster, 2012).

Diferentes funções cognitivas estão envolvidas nos diversos casos de DAM (Bartelet, Ansari, Vaessen & Blomert, 2014; Rubistein & Henik, 2009). O domínio específico da cognição



numérica, o senso numérico, é definido como a habilidade de representar e manipular magnitudes não-simbólicas (Dehaene & Cohen, 1997). Por exemplo, conseguimos comparar magnitudes analógicas, como dois grupos de pontos, sem precisar contá-los, entretanto essas comparações são muito imprecisas e a acurácia é maior tanto quanto maior for a diferença entre os dois conjuntos (efeito da distância). Além disso, esta mesma diferença entre as magnitudes é inversamente proporcional ao tempo de reação do indivíduo para escolher qual é o maior conjunto de pontos (Izard & Dehaene, 2008). Este efeito psicofísico é conhecido como Lei de Weber (Dehaene, Izard & Piazza, 2005). Esta relação é caracterizada por uma constante, a fração de Weber, a qual fornece uma estimativa da diferença numérica minimamente discriminável e da capacidade de resolução do sistema subjacente ou acuidade do senso numérico (Dehaene, 2007). Essa variabilidade nas habilidades do senso numérico tem sido associada a diferenças no desempenho matemático em crianças e adultos (Chen & Li, 2014). Halberda, Mazocco & Feigenson (2008) demonstraram que a fração de Weber de adolescentes de 14 anos era inversamente proporcional ao desempenho aritmético em dois testes de desempenho matemáticos padronizados. Ou seja, quanto melhor as habilidades de senso numérico, melhor o desempenho escolar em matemática. Além disso, nosso grupo de pesquisa demonstrou a mesma evidência para crianças mineiras: as dificuldades de aprendizagem na matemática se associam à piores medidas de acuidade do senso numérico (Costa et al., 2011; Pinheiro-Chagas, et al., 2014).

Em relação aos domínios cognitivos não específicos associados às dificuldades de aprendizagem da matemática, podemos ressaltar as habilidades de processamento fonológico, visuoespacial e de funções executivas. O processamento fonológico é primariamente associado às habilidades de leitura e escrita (Vellutino, Fletcher, Snowling & Scanlon, 2004). Entretanto, estudos recentes demonstraram que este é um dos principais mecanismos cognitivos compartilhados entre a aprendizagem da matemática e a leitura, podendo ser inclusive o marcador cognitivo que explica a alta comorbidade entre dislexia e discalculia (Lopes-Silva et al., 2014; Simmons & Singleton, 2008).

As habilidades visuoespaciais, por sua vez, também têm sido associadas à DAM (Geary, 1993). Verdine e colaboradores (2014) demonstraram que as habilidades visuoespaciais, avaliadas através de uma tarefa de construção visuoespacial tridimensional, foram capazes de prever, de forma independente, as habilidades matemáticas de crianças pré-escolares. Além disso, os

erros procedimentais em cálculos multidigitais (p.ex. operações de troca e empréstimo entre uma coluna e outra, e alinhamento das colunas) estão presentes em crianças com transtornos visuoespaciais (Venneri, Cornoldi & Garuti, 2003).

Por fim, as funções executivas, como um dos principais déficits cognitivos mais gerais, também apresentam uma contribuição importante para os déficits de desempenho na matemática. Elas podem ser definidas como um grupo de habilidades que nos possibilita regular o comportamento a partir de um direcionamento de metas, avaliação de eficiência e adequação das ações e inibição de estratégias ineficientes com o intuito de uma resolução de problemas (Robbins, Weinberger, Taylor & Morris, 1996). Diamond (2013) considera que as funções executivas envolvem vários processos cognitivos tais como planejamento, memória operacional, categorização, solução de problemas, tomada de decisão, controle inibitório, fluência e flexibilidade cognitiva. Um estudo longitudinal realizado com crianças no início do ensino fundamental identificou que as habilidades de controle inibitório, flexibilidade e memória operacional são estatisticamente inferiores em crianças com baixo desempenho escolar em comparação com aquelas de desempenho típico (Toll, Van der Ven, Kroesbergen & Van Luit, 2011). Além disso, o estudo identificou que estas funções foram preditoras de dificuldades de aprendizagem na matemática especificamente, sendo encontrada uma maior influência das habilidades de memória operacional.

A literatura sobre a influência das funções executivas nas habilidades numéricas é extensa. Bull & Scerif (2001) mostraram que há contribuições únicas e independentes da capacidade de inibição, span da memória operacional e perseveração na predição de desempenho em matemática, ou seja, crianças com baixo desempenho em matemática apresentam piores funções executivas. Outro estudo de 2008 mostrou através de análises correlacionais e de regressão que a memória visual de curto-prazo e memória operacional verbal e visoespacial especificamente predizem o desempenho em matemática no início do desenvolvimento, em estudos longitudinais (Bull, Espy & Wiebe, 2008). Os resultados de Passolunghi & Siegel (2004) também demonstram que há um déficit de memória operacional em crianças com DAM, especificamente no componente executivo central do modelo multicomponencial (Baddeley & Hitch, 1974) sendo relacionada, principalmente, à capacidade de inibir informações irrelevantes. O achado ressalta a importância da memória operacional para aprendizagem da

aritmética, tanto no que se refere ao desenvolvimento típico quanto às dificuldades (Raghubar, Barnes & Hechtl., 2010).

Alguns estudos apontam que no início da aprendizagem, a manipulação visuoespacial das informações é mais importante para o desempenho, no entanto, com o decorrer dos anos os componentes verbais de memória operacional passam a exercer um papel de maior destaque (McKenzie, Bull & Gray, 2003; Simmons, Willis & Adams, 2012). Ademais, algumas habilidades aritméticas são mais dependentes da memória operacional, tais como: contagem, transcodificação e cálculos complexos (Raghubar et al., 2010). Além disso, tem-se que para a maioria das habilidades adquiridas, quanto maior a proficiência, menor a demanda por memória operacional.

Além dos fatores cognitivos, aspectos metacognitivos e emocionais também tem sido associado à DAM, como a autoeficácia e ansiedade matemática. A ansiedade matemática pode ser definida como um sentimento de tensão que interfere na manipulação de números e, conseqüentemente, na resolução dos problemas matemáticos (Ashcraft & Ridley, 2005). Ela se manifesta em uma grande variedade de situações cotidianas e acadêmicas, podendo variar de um leve desconforto à evitação extrema. O problema é considerado uma fobia específica e apresenta todas as respostas típicas dos transtornos de ansiedade, como sudorese, taquicardia, fuga e até pensamentos ruminativos (“sou burro (a), não vou conseguir ir bem nessa prova”) (Haase et al, 2013). Além disso, está associada à baixa autoconfiança em relação ao aprendizado da matemática (Jain & Dowson, 2009).

Os níveis de ansiedade são influenciados pela autoeficácia dos indivíduos (Bandura, 1988). A autoeficácia refere-se às crenças que uma pessoa possui acerca das próprias capacidades para aprender ou para ter um bom desempenho (Bandura, 1986). Um estudo recente de nosso grupo de pesquisa demonstrou que a autopercepção do desempenho matemático em crianças, ou seja, as crenças sobre o desempenho associam-se diretamente ao resultado em um teste de desempenho escolar (Haase et al., 2012). Tal influência só é detectada no subteste de aritmética, e não no subteste de escrita.

Um fator de destaque em relação à ansiedade matemática é que ela também tem sido associada ao declínio de habilidades cognitivas importantes para o desempenho escolar, como a memória

operacional (Ashcraft & Kirk, 2001; Maloney & Beilock, 2012). A hipótese é de que os pensamentos intrusivos de preocupação, característicos da alta ansiedade, competem com a tarefa cognitiva em curso, recrutando o processamento limitado da memória operacional. Para testar essa hipótese através de um paradigma de dupla tarefa, Ashcraft & Kirk (2001) demonstraram experimentalmente que a ansiedade matemática prejudica o funcionamento executivo na memória de trabalho.

A associação entre ansiedade e memória operacional também foi investigada em estudantes de 14 anos enquanto o grupo estudava para um teste de raciocínio matemático (Trezise & Reeve, 2015). Foi demonstrado que altos índices de ansiedade predizem pior desempenho em tarefas de memória operacional. Já os adolescentes com boas habilidades de memória operacional e baixo nível de ansiedade apresentaram um bom desempenho nas tarefas de raciocínio matemático. Estes resultados corroboram a hipótese de que a ansiedade gera um aumento do gasto cognitivo, reduzindo a capacidade da memória operacional. (Ashcraft & Kirk, 2001; Eysenck & Derakshan, 2011).

Assim, a ansiedade matemática tem sido associada ao baixo desempenho aritmético (Dowker, 2005). Ma e Xu (2004) demonstraram que o baixo desempenho de adolescentes na matemática foi fator decisivo para os níveis de ansiedade matemática 7 anos depois. Além disso, crianças com discalculia apresentam mais ansiedade matemática do que crianças com desenvolvimento típico (Rubinsten & Tannock, 2010). A partir destes resultados, é possível inferir que problemas na aprendizagem escolar levam a reações emocionais negativas perante a disciplina, por sua vez a ansiedade matemática também prejudica o desempenho. Todavia, é importante ressaltar que ansiedade matemática não se correlaciona com a inteligência (Hembree, 1990; Ma, 1999), e, portanto, a baixa performance não está associada a uma dificuldade global.

Considerando assim, a heterogeneidade de mecanismos cognitivos subjacentes a aprendizagem da matemática e as influências emocionais e metacognitivas, o estudo de casos isolados de indivíduos com DAM nos oferece uma oportunidade de testar os modelos vigentes que buscam explicar os mecanismos desses déficits. Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo apresentar um estudo de caso de uma adolescente com discalculia do desenvolvimento apresentando um comprometimento específico no desempenho em fatos aritméticos, especialmente na multiplicação. O perfil das dificuldades foi investigado considerando todos

os mecanismos cognitivos e metacognitivos descritos na revisão com o intuito de explicar o baixo desempenho em aritmética da paciente.

As dificuldades nos fatos aritméticos estão fortemente associadas a déficits de resgate da resposta correta da memória de longo prazo ou às dificuldades linguísticas. Estudos de caso e de grupo já foram publicados na literatura internacional discutindo se a dificuldade na automatização dos fatos é uma questão de resgate ou de acesso (Kaufmann et al, 2004; Visscher & Noel, 2013).

O que é mais consistente é que este tipo de cálculos geralmente não é resolvido de forma procedimental, através da manipulação da magnitude representada, mas sim por resgate lexical. Considerando esta informação, é possível supor que o senso numérico não influenciaria o desempenho nesta tarefa, não sendo responsável por explicar a dificuldade apresentada pela paciente.

O segundo objetivo do estudo foi investigar se déficits em mecanismos cognitivos gerais, como em funções executivas, podem ser moderados pela ansiedade matemática, resultando em uma especificidade de comprometimentos em relação ao desempenho na aritmética. Esse objetivo foi operacionalizado através de uma intervenção cognitivo-comportamental para manejo de ansiedade, realizada com o intuito de investigar se com a diminuição dos níveis de ansiedade matemática, seria possível melhorar o desempenho em aritmética.

O estudo foi dividido em quatro seções: a) descrição do caso; b) avaliação neuropsicológica geral; c) avaliação da cognição numérica; d) intervenção cognitivo-comportamental. Cada seção será subdividida em métodos, resultados e conclusões.

## **4.2 DESCRIÇÃO DO CASO**

Quando foi avaliada, M.M., era uma adolescente, de 15 anos de idade, sexo feminino, de classe média e família bem estruturada. M.M. frequentava o 2º ano do Ensino Médio em uma escola particular. Em toda a sua trajetória acadêmica, M.M. apresentou dificuldades acentuadas no desempenho em aritmética. M.M. estudou em diversas escolas de Belo Horizonte, entretanto, sempre apresentou uma dificuldade persistente na aprendizagem da matemática em todas.

M.M. apresentava dificuldades básicas relacionadas as habilidades matemáticas tanto associadas a atividades de vida diária, como para olhar as horas em relógio analógico e se organizar em relação ao tempo, quanto em atividades matemáticas formais, como em cálculos simples de adição e subtração e automatização da tabuada de multiplicação. Com o aumento da exigência escolar, M.M apresentou dificuldade em física.

M.M é uma adolescente bem adaptada na escola. Em casa, mantém uma boa relação com a mãe. M. M é uma adolescente motivada e apresenta interesses específicos como literatura e desenhos.

A gravidez, o parto, o desenvolvimento neuromotor e linguístico foram dentro do esperado. Aos 10 anos de idade, M.M. teve um episódio de crise convulsiva, que não se associou a alterações no exame de Eletroencefalograma. O pai faleceu de câncer quando a menina tinha três anos.

### **4.3 AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA DOS DOMÍNIOS GERAIS**

Para investigar o perfil de comprometimento cognitivo, associado à dificuldade de aprendizagem na matemática de M.M, foi realizada inicialmente uma avaliação neuropsicológica de domínios cognitivos gerais tais como processamento fonológico e funções executivas, bem como de fatores emocionais.

#### **Procedimentos**

A avaliação neuropsicológica dos domínios gerais foi conduzida em um ambulatório de Neuropsicologia do Desenvolvimento, na UFMG. O desempenho de M.M foi comparada às normas publicadas de cada tarefa, de acordo com sua faixa etária. A Tabela 1 lista os testes utilizados bem como as fontes e idades de referência. Todos os escores das tarefas utilizadas foram computados e transformados em escore z para posterior análise dos resultados.

#### **Instrumentos - Domínios Gerais**

Os instrumentos utilizados para avaliar a cognição geral foram descritos brevemente como mostra a Tabela 1. As referências para cada tarefa utilizada também foram apontadas, bem como as idades utilizadas para comparação com o desempenho da paciente.

Tabela 1: Instrumentos neuropsicológicos de avaliação dos domínios gerais

<b>Domínio</b>	<b>Teste</b>	<b>Breve descrição</b>	<b>Referência</b>
<b>Escala de comportamento</b>	CBCL- Child Behavior CheckList responded to by parents	É um questionário que avalia competência social e sintomas de transtornos externalizantes e internalizantes em crianças e adolescentes de 6 a 18.	Achenbach et al., 2008; Rocha et al., 2012
<b>Inteligência</b>	Escala de Inteligência Wechsler para Crianças 4ª ed.	Avalia inteligência de indivíduos com idade entre 6 e 16 anos, dividida em 4 escalas sendo elas: compreensão verbal, organização perceptual, memória operacional e velocidade de processamento.	Figueiredo e Nascimento, 2007
<b>Desempenho escolar</b>	TDE- Teste de Desempenho Escolar	O instrumento avalia habilidades de escrita, aritmética e leitura de palavras isoladas em crianças de 1ª a 6ª do Ensino Fundamental.	Stein, 1994; Oliveira-Ferreira et al., 2012
<b>Destreza Motora</b>	9-HPT; Nine-hole peg test	Tarefa na qual é cronometrado o tempo de execução, servindo como Indicador da velocidade motora manual.	Poole et al., 2005
<b>Funções executivas</b>	Teste dos 5 dígitos	Teste de fluência de leitura re dígitos e nomeação de quantidades. Avalia controle inibitório, fluência e flexibilidade cognitiva.	Sedó, 2004
	Stroop Victoria	Tarefa de nomeação e leitura dos nomes de cores, que avalia controle inibitório, fluência e flexibilidade cognitiva. Normas para 10 anos*	Charchat-Fichman & Oliveira, 2009
	Trigramas consonantais	Através de uma tarefa distratora e uma tarefa central, é avaliada a inibição de respostas e a atenção.	Spreen & Strauss, 2006
<b>Memória de Trabalho</b>	Dígitos (WISC IV)	Na ordem direta, mede a memória auditiva sequencial e é bastante sensível à capacidade de escuta e às flutuações da atenção. A ordem inversa mede a capacidade de memória operacional.	De Figueiredo, & Do Nascimento, 2007
	Cubos de Corsi	É uma medida de memória não verbal de curto-prazo. A ordem inversa mede a capacidade de memória operacional visuoespacial. Normas para 10 anos*	Santos et al., 2005
	BAMT	Consiste em um conjunto de tarefas divididas em dois Cadernos (A e B), os quais avaliam três componentes da memória de trabalho verbal: a eficiência de processamento de informação (velocidade de processamento), capacidade de armazenamento temporário (alça fonológica) e coordenação de operações (executivo central).	Wood, 2000
<b>Processamento Visuoespacial e Visuoconstrutivo</b>	Figura Complexa de Rey	Avalia o processamento visuoespacial e visuoconstrutivo (cópia), além da memória visual (evocação imediata e tardia).	Rey & Oliveira, 1999
<b>Processamento fonológico</b>	Leitura de palavras e pseudopalavras	Composta por 40 palavras e 20 pseudopalavras que variam em relação à frequência, tamanho e regularidade. Normas para 7º ano*	Salles et al., 2013

#### 4.4 RESULTADOS: AVALIAÇÃO DOS DOMÍNIOS GERAIS

Os resultados serão apresentados seguindo uma sequência de domínios, de acordo com o que foi apresentado na seção anterior. Todos os resultados de M.M foram descritos, em sequência foram apresentados, de forma resumida, na Figura 2.

## Avaliação Comportamento

Os escores brutos obtidos em cada item do questionário CBCL foram transformados em escores T padronizado, de acordo com as normas do manual. Escores acima de 70 são considerados escores clínicos para os sintomas de problemas de comportamento externalizante ou internalizante, avaliados pelo questionário. Os resultados apontam escores cínicos de intensidade elevada para as escalas de Problemas Somáticos (escore T=77), Problemas Internalizantes (escore T=81), Problemas Afetivos-DSM IV (escore T= 70) e Problemas Somáticos-DSM IV (escore T= 70).

## Inteligência

Os resultados do WISC-IV demonstraram que a habilidade cognitiva geral de M.M está dentro da média para sua idade (QI Total=108, IC= 100-115). M.M apresentou desempenho abaixo da média (média 10 e dp=3) apenas no subtteste de dígitos, com pontos ponderados igua a 3. A figura 1 mostra o desempenho da adolescente em cada subtteste, de acordo com as normas do manual para sua idade. Os índices de QI gerados pelo teste foram transformados em escore z, calculado a partir das normas do manual, e apresentados na Figura 2. O menor índice apresentado foi na memória operacional, composto pelos subtteste de dígitos, sequência de números e letras e aritmética, o que sugere dificuldades atencionais, de concentração e manipulação de informações de caráter verbal.

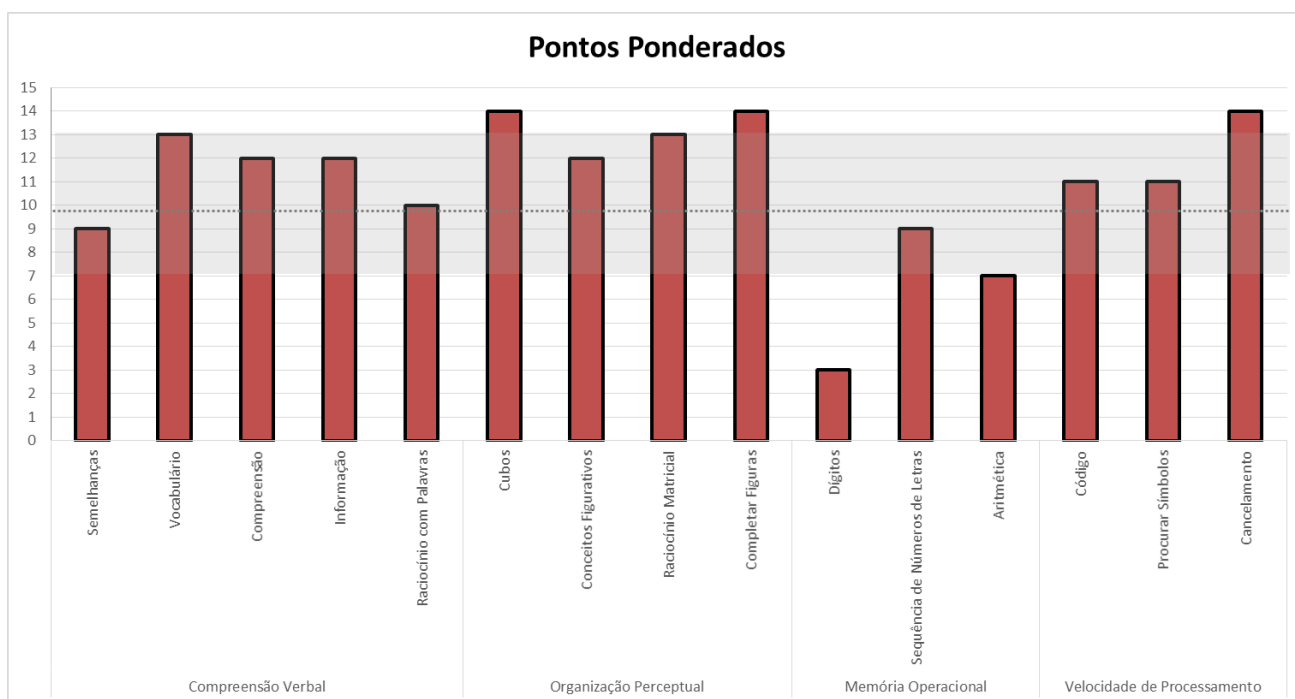


Figura 1: Desempenho nos subttestes da escala Wescheler de inteligência



A figura 1 evidencia que M.M obteve desempenho acima da média nos subtestes de Cubos, Completar Figuras e Cancelamento. Esse resultado sugere boas habilidades de coordenação viso-motora, organização, planejamento e atenção. Por outro lado, a adolescente apresentou dificuldades nos subtestes Dígitos e Aritmética, os quais se relacionam com atenção e memória operacional verbal, além de rapidez na execução de cálculos aritméticos.

### **Teste de Desempenho Escolar (TDE)**

M.M realizou o Teste de Desempenho Escolar (TDE), que avalia habilidades de escrita e aritmética e leitura de palavras isoladas até a sexta série. Este teste foi utilizado por ser o único teste brasileiro que avalia o desempenho escolar. A Figura 2 mostra os resultados da adolescente em cada subteste.

No subteste de aritmética M.M cometeu erros de cálculos que envolveram operações de empréstimo entre as colunas. Além disso, a adolescente errou ou deixou sem fazer alguns cálculos de potenciação e multiplicação com números negativos, sugerindo uma maior dificuldade com o conceito e procedimento referente aos cálculos complexos e que envolvam subtração, multiplicação e divisão. Quanto ao desempenho no subteste de escrita e leitura, a adolescente acertou todos os itens. Espera-se que crianças a partir da 6ª série consigam realizar todos os itens.

### **Destreza Motora**

M.M obteve um desempenho abaixo da média esperada para a sua idade tanto na mão dominante quanto na mão não dominante no 9-HolePeg Test demonstrando uma lentificação na realização da tarefa. Entretanto, a adolescente realiza diversos trabalhos manuais de acordo com o relato do caso, não sendo verificado um prejuízo funcional em relação à destreza motora.

### **Funções executivas**

As funções executivas foram avaliadas através do teste de Cinco Dígitos, Teste de Stroop Victoria e o Teste de Trigrama Consonantais. O teste dos cinco dígitos é composto por 4 subtestes. Em todos os subtestes do teste, M.M obteve escores inferiores e muito inferiores, demonstrando uma lentificação cognitiva, juntamente com uma dificuldade em manter o foco atencional, inibindo informações distratoras e/ou mudar o foco atencional quando as regras

modificam. Estes são alguns componentes das funções executivas que se referem à capacidade de “direcionar comportamentos e metas, avaliar eficácia e adequação desses comportamentos, abandonar estratégias ineficazes em prol de outras mais eficazes e, desse modo, resolver problemas imediatos, de médio e de longo prazo”.

No teste de Stroop Victoria, M.M apresentou alto nível de interferência leitura-cor, sendo equivalente ao esperado para crianças de 10 anos. Os resultados estão representados na Figura 2.

A resistência à distração na memória de curto-prazo verbal foi examinada por meio do teste dos Trigramas Consonantais (paradigma de Brown-Peterson) no qual M.M obteve desempenho dentro do esperado para sua faixa etária quando teve de armazenar a informação verbal por um período curto. Entretanto, apresentou desempenho abaixo da média quando foi solicitada a armazenar a informação por um período de 18 segundos. Tal resultado sugere que a adolescente apresenta dificuldade em dividir a atenção. Cabe ressaltar que, durante a execução do teste, a adolescente foi instruída a contar de trás pra frente e apresentou dificuldades para execução nesta etapa da tarefa. Os resultados no teste dos Trigramas Consonantais estão exibidos na Figura 2.

### **Memória de Trabalho**

Os domínios da memória (memória operacional/memória de curto-prazo) foram avaliados através do subteste dígitos da Escala de inteligência Wechsler- 4ª edição (WISC-IV), Cubos de Corsi e a Bateria de avaliação da memória de trabalho- BAMT.

Em relação à memória operacional fonológica (Dígitos), M.M obteve um resultado dentro da média referente à atenção e abaixo da média em relação à memória operacional, o que sugere dificuldade na manipulação de informações de caráter verbal.

Mantendo um mesmo padrão em relação à memória operacional visuoespacial, o desempenho da adolescente foi dentro do esperado na ordem direta, na tarefa de Cubos de Corsi, e inferior à média na ordem inversa. Isso significa que a adolescente consegue armazenar mentalmente informações visoespaciais e apresenta dificuldade em manipulá-las.

A memória operacional foi também avaliada através da Bateria de Avaliação da memória de trabalho (BAMT). M.M obteve um desempenho dentro da média esperada em todos os três subtestes da tarefa numérica que compõem o caderno A. Essas tarefas são: Compreensão Aritmética (CPRATM), apreensão de dígitos (APRD) e a tarefa de alcance de computação (ALCCOM). O caderno B também possui três subtestes, porém com tarefas verbais sendo elas: compreensão de sentenças (CPRSENT), apreensão de palavras (APRP) e Alcance de Compreensão na escrita (ALCESC).

No caderno B M.M obteve um desempenho também dentro da média esperada nos três subtestes, contudo cabe ressaltar que foi verificada uma discrepância no desempenho entre as tarefas de coordenação de operações. A adolescente obteve um desempenho melhor na tarefa verbal, quando comparada à tarefa numérica. Os resultados de M.M foram descritos na Figura 2.

### **Processamento Visuoespacial e Visuoconstrutivo**

O Processamento Visuoespacial foi avaliado através da cópia e reordenação imediata da Figura Complexa de Rey. M.M obteve escores dentro da média na cópia da figura de Rey. Este resultado sugere boas habilidades de percepção e representação viso-espacial.

### **Processamento Fonológico**

M.M foi avaliada através de uma tarefa de leitura de palavras e pseudopalavras isoladas. M.M acertou todos os itens, lendo de forma proficiente palavras regulares, irregulares e pseudopalavras, obtendo desempenho de acordo com a média para sua idade.

Os escores de todas as tarefas utilizadas na avaliação foram transformados em escore z, de acordo com a norma de padronização por idade. Os resultados da avaliação neuropsicológica dos domínios gerais encontram-se descritos na Figura 2.

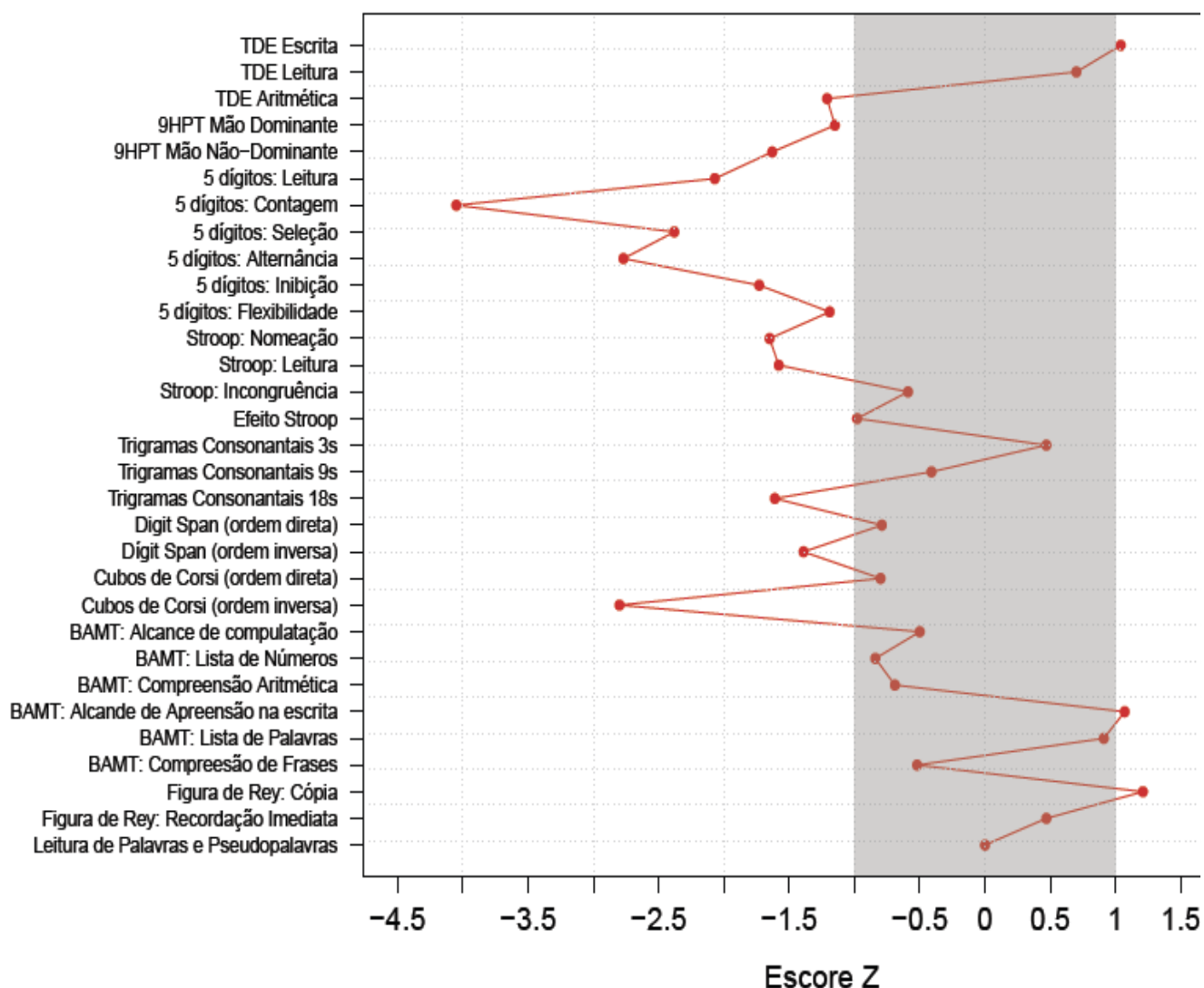


Figura 2: Desempenho nas tarefas de avaliação da Cognição Geral

A partir da tabela é possível identificar que M.M apresenta inteligência normal, com um escore mais baixo (1,53 dp abaixo da média) no índice de Memória Operacional. Os desempenhos mais baixos de M.M foram encontrados nos subtestes de Aritmética do TDE (1,2 dp abaixo da média), que avalia destreza motora da mão dominante (1,8 dp padrão abaixo da média) e da mão não dominante (1,23 dp abaixo da média). Nas tarefas que avaliaram Funções Executivas, M.M. também apresentou baixo desempenho, especificamente nas tarefas de 5 dígitos e Stroop Victória (nomeação e leitura). Nas tarefas que avaliaram memória operacional fonológica e visuoespacial, M.M. obteve desempenho 1,39 e 1,32 dp abaixo da média, respectivamente.

#### **4.5 AVALIAÇÃO DA COGNIÇÃO NUMÉRICA**

Uma bateria experimental de avaliação da cognição numérica foi utilizada. Na avaliação da cognição numérica, o desempenho de M.M. foi comparado a um grupo controle de 7º ano do ensino fundamental. Os controles foram selecionados entre os participantes de um projeto de pesquisa de base populacional em dificuldades de aprendizagem de matemática. Os pais dos indivíduos selecionados como grupo controle foram solicitados a assinar um termo de consentimento e as crianças-adolescentes deram o seu consentimento oral.

##### **Instrumentos**

A cognição numérica foi avaliada através de uma bateria de testes que englobaram desde aspectos mais básicos, como a acurácia do senso numérico, até aspectos simbólicos, como a transcodificação e cálculos simples e multidigitais. Todas as tarefas utilizadas foram descritas em sequência.

##### ***Questionário de ansiedade matemática (QAM)***

Desenvolvido por Thomas e Dowker (2000) e adaptado em uma versão brasileira por Wood e colaboradores (2012). A versão brasileira do QAM contém 24 itens que podem ser respondidos individualmente ou em grupos, com duração de 5 a 10 minutos. Os itens podem ser combinados em quatro sub-escalas sendo elas: "performance auto-percebida" (Escala A), "atitudes em matemática" (Escala B), "infelicidade relacionada a problemas matemáticos" (Escala de C) e "ansiedade relacionada com problemas de matemática" (Escala D). Os itens são respondidos de acordo com quatro tipos de perguntas: "Você é bom em. . ." (Escala A); "O quanto você gosta. . ." (Escala B); "O quanto você se sente feliz ou infeliz se você tem problemas com. . ." (Escala C) e "O quanto você fica preocupado se você tem problemas com. . ." (Escala D). Cada pergunta deve ser respondida sobre seis diferentes categorias relacionadas à matemática, ou seja, a matemática em geral (QAM G), cálculos fáceis (QAM E), cálculos difíceis (QAM D), cálculos escritos (QAM W), cálculos mentais (QAM M), e lição de matemática (QAM H). As crianças são orientadas por figuras de apoio para dar suas respostas de acordo com uma escala Likert com 5 pontos (pontuada entre 0-4). Ressalta-se que o QAM não está associado à ansiedade geral, sendo específica ao desempenho aritmético (Haase et. al, 2012). Quanto maior a pontuação, maior o nível de ansiedade.

### ***Comparação de Magnitudes não simbólicas***

Nesta tarefa, a adolescente foi instruída a comparar dois conjuntos de pontos apresentados simultaneamente, indicando qual deles continha a maior quantidade. Os pontos pretos foram apresentados em um círculo branco sobre um fundo preto. Em cada ensaio, um dos dois círculos brancos continha 32 pontos (referência de numerosidade) e o outro continha 20, 23, 26, 29, 35, 38, 41 ou 44 pontos. Cada uma das magnitudes foi apresentada oito vezes. A tarefa foi composta de 8 ensaios de aprendizagem e 64 ensaios experimentais (ver descrições procedimento em Costa et al., 2011). Como uma medida da acurácia do senso numérico, a fração Weber ( $w$ ) foi calculada com base no modelo Log-Gaussiano de representação numérica descrito por Piazza et al. (2004) e Dehaene (2007) (Pinheiro-Chagas et. al, 2014; Julio-Costa et; al, 2013; Ferreira et. al, 2011; Lopes-Silva et.al, 2014; Oliveira et. al, 2014).

### ***Transcodificação numérica***

O conjunto de itens foi composto por 81 números com até quatro dígitos M.M foi instruída a escrever os algarismos arábicos que correspondiam aos números ditadas, com o intuito de avaliar a habilidade de traduzir os números de uma representação simbólica para outra forma de representação. Os itens foram agrupados de acordo com sua complexidade (regras necessárias para realizar a transcodificação) (ver descrição da tarefa reduzida em Moura et al, 2013; Lopes-Silva et al, 2014).

### ***Problemas Matemáticos***

Tarefa que avalia a capacidade de resolver mentalmente problemas matemáticos simples verbalmente formulados e visualmente disponíveis. O tempo de execução pode ser indicativo da eficiência e do número de estratégias empregadas para resolução da tarefa (Costa et. al, 2011; Wood e. al, 2012; Haase et al., 2014).

### ***Cálculos aritméticos de um dígito***

Essa tarefa consiste em cálculos de adição (27 itens), subtração (27 itens) e multiplicação (28 itens). A tarefa foi aplicada individualmente, em folhas impressas de papel, separadas por blocos. M.M foi instruída a responder cada bloco, com o limite de tempo de 1 min. As operações aritméticas foram organizadas em dois níveis de complexidade que foram apresentadas às crianças em blocos separados: uma consistia em fatos simples e a outra consistia em fatos mais complexos. Adições simples foram definidas como aquelas operações com resultados abaixo

de 10 (ex:  $3 + 5$ ), enquanto que as adições complexas foram definidas como tendo resultados entre 11 e 17 (ex:  $9 + 5$ ). Cálculos de subtração simples, foram formados por operandos abaixo de 10 (ex:  $9 - 6$ ), enquanto que para subtrações complexas, o primeiro operando variou de 11 a 17 (ex:  $16 - 9$ ). Resultados negativos não foram incluídos nos problemas de subtração. A multiplicação simples consistiu de operações com resultados abaixo de 25 ou que continha o número 5 como um dos operandos (ex:  $2 \times 7$ ;  $5 \times 6$ ), enquanto que na multiplicação complexa, o resultado dos operandos variou de 24 à 72 (ex:  $6 \times 8$ ) (Costa et. al, 2011; Wood e. al, 2012; Haase et al., 2014; ).

### ***Tarefa de Tabuada de Multiplicação***

Tarefa experimental, desenvolvida com o intuito de avaliar o desempenho de M.M em uma tarefa de multiplicação simples. Na tarefa de tabuada o indivíduo deve responder oralmente os 81 fatos da multiplicação, que vão desde o  $1 \times 1$  até o  $9 \times 9$ . O tempo de resposta do indivíduo é calculado em segundos para cada item e computado juntamente com o número de acertos.

### ***Cálculos Aritméticos Multidígitos***

Tarefa experimental, desenvolvida com o intuito de avaliar o desempenho de M.M em uma tarefa que envolve cálculos com mais de um dígito. A tarefa é composta por 85 questões apresentadas de forma aleatória subdividida em 23 questões de adição, 31 questões de subtração e 31 questões de multiplicação. Em cada subdivisão foi controlado a posição do zero, bem como o número de dígitos nos operandos. Das 23 questões de adição, 16 envolviam o procedimento de transporte; das 31 subtrações, 20 envolviam o procedimento de empréstimo e das 31 multiplicações, 22 envolviam o procedimento de transporte.

## **4.6 RESULTADOS: AVALIAÇÃO DA COGNIÇÃO NUMÉRICA**

Os resultados serão apresentados seguindo uma sequência de domínios, de acordo com o que foi apresentado na seção anterior. Todos os resultados de M.M foram descritos, em sequência foram apresentados, de forma resumida, na Figura 3.

### **Ansiedade Matemática**

No Questionário de Ansiedade Matemática (QAM), M.M apresentou alto nível de ansiedade relacionado às escalas de cálculos escritos e cálculos mentais. A adolescente obteve a pontuação

acima da média para a idade em todas as subescalas avaliadas pelo questionário. A Tabela 2 mostra o desempenho de M.M. quando comparado à adolescentes de mesma idade.

Tabela 2: Desempenho do Questionário de Ansiedade Matemática (QAM)

Subescala do QAM	Pontuação M.M	Média (DP) Controles	escore z
Matemática Geral	19	10,89(2.61)	3,11
Cálculos Fáceis	18	9,11 (3.48)	2,55
Cálculos Difíceis	18	11,89 (2.71)	2,25
Cálculos Escritos	20	11,56 (2.29)	3,69
Cálculos Mentais	20	12,67 (3.31)	2,21
Tarefas de casa de Mat.	18	11,11 (4.22)	1,63

Além disso, é possível analisar o QAM a partir das quatro situações: (1) o quanto você é bom em... (2) o quanto você gosta de... (3) quão feliz ou infeliz você se sente quando tem problemas com... (4) o quão preocupado ou tranquilo você fica quando tem problemas com... As pontuações de M.M foram, respectivamente, 28, 30, 26 e 29 (pontuação total = 30). Isso sugere que além da ansiedade matemática, a adolescente tem uma autopercepção negativa e atitudes negativas em relação à matemática.

### **Comparação de magnitudes não simbólicas**

Na tarefa de comparação de magnitudes não simbólicas, M.M apresentou uma fração de Weber de 0.15 comparável a média esperada para adultos (Pizza, et al., 2010). Este resultado sugere que a adolescente não apresenta dificuldades em discriminar quantidades na forma não-simbólica.

### **Tarefa de Transcrição: Ditado de Números**

Na tarefa de ditado de números, na qual M.M deveria escrever a forma arábica de um número apresentado verbalmente, ela acertou 79 dos 81 itens. A adolescente errou apenas dois itens, sendo eles: escreveu o número “sete mil cento e cinco” como 7005 e “dois mil setecentos e oitenta e cinco” como 2875. Tais erros sugerem uma interferência atencional.



### Problemas Aritméticos

A adolescente também apresentou dificuldades na tarefa de problemas matemáticos. É esperado que crianças da 7<sup>o</sup> ano consigam resolver todos os itens. M.M, no entanto, obteve um desempenho 1,25 dp abaixo da média do grupo controle, acertando 10, dos 12 itens da tarefa (Figura 3).

### Cálculos Aritméticos de um dígito

Na tarefa de cálculos aritméticos, foram avaliadas habilidades básicas de adição, subtração e multiplicação. M.M apresentou dificuldades mais acentuadas apenas na multiplicação, sugerindo que ainda não automatizou os fatos da tabuada. M.M apresentou um desempenho 1,1 dp abaixo da média, quando comparada a crianças de 7<sup>o</sup> ano.

### Tabuada de Multiplicação

Na tarefa de tabuada M.M. acertou 77 dos 81 itens de multiplicação. Os maiores tempos de reação de respostas apresentaram-se nas tabuadas do 3 e do 7. Espera-se que adolescentes de mesma idade apresentem baixo tempo de reação e alta taxa de acertos em todos os cálculos, apresentando um padrão diferente (tempo de reação mais baixo) na tabuada do 5, considerada mais fácil. M.M não apresenta esse efeito, como se observa na Figura 3.

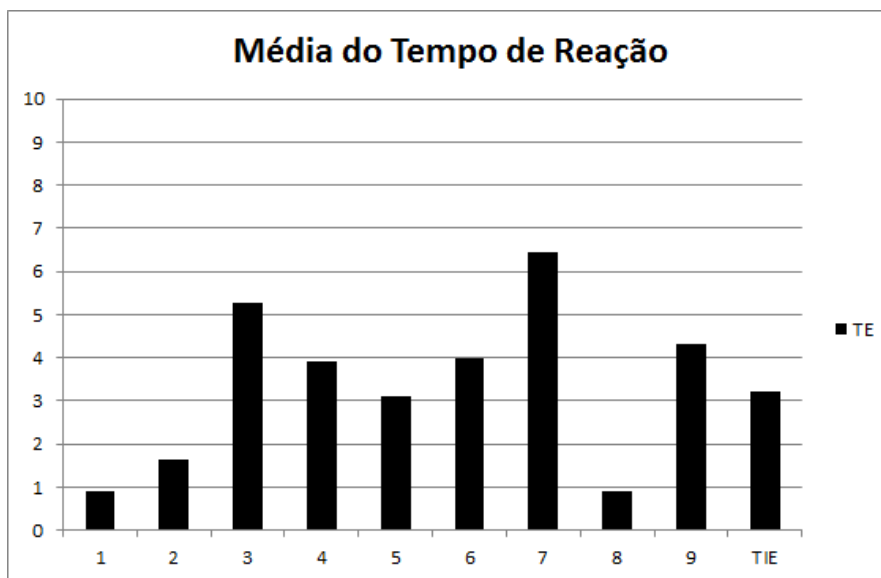


Figura 3: Tempo de reação de M.M na tabuada de multiplicação

### Cálculos aritméticos Multidígitos

Em relação aos cálculos que envolvem algarismos com mais de um dígito, M.M. acertou 21 dos 23 cálculos de adição e apresentou mais dificuldade em cálculos de subtração e multiplicação, como demonstra a Figura 3. Ela apresentou dificuldades em cálculos que envolvem operações de empréstimo entre as colunas e na memorização da tabuada, assim como já demonstrado na tarefa de cálculos aritméticos. M.M obteve 9,95 dp abaixo da média nos cálculos de subtração e 3,70 dp abaixo da média no total de cálculos desta tarefa, quando comparada à controles do 7º ano.

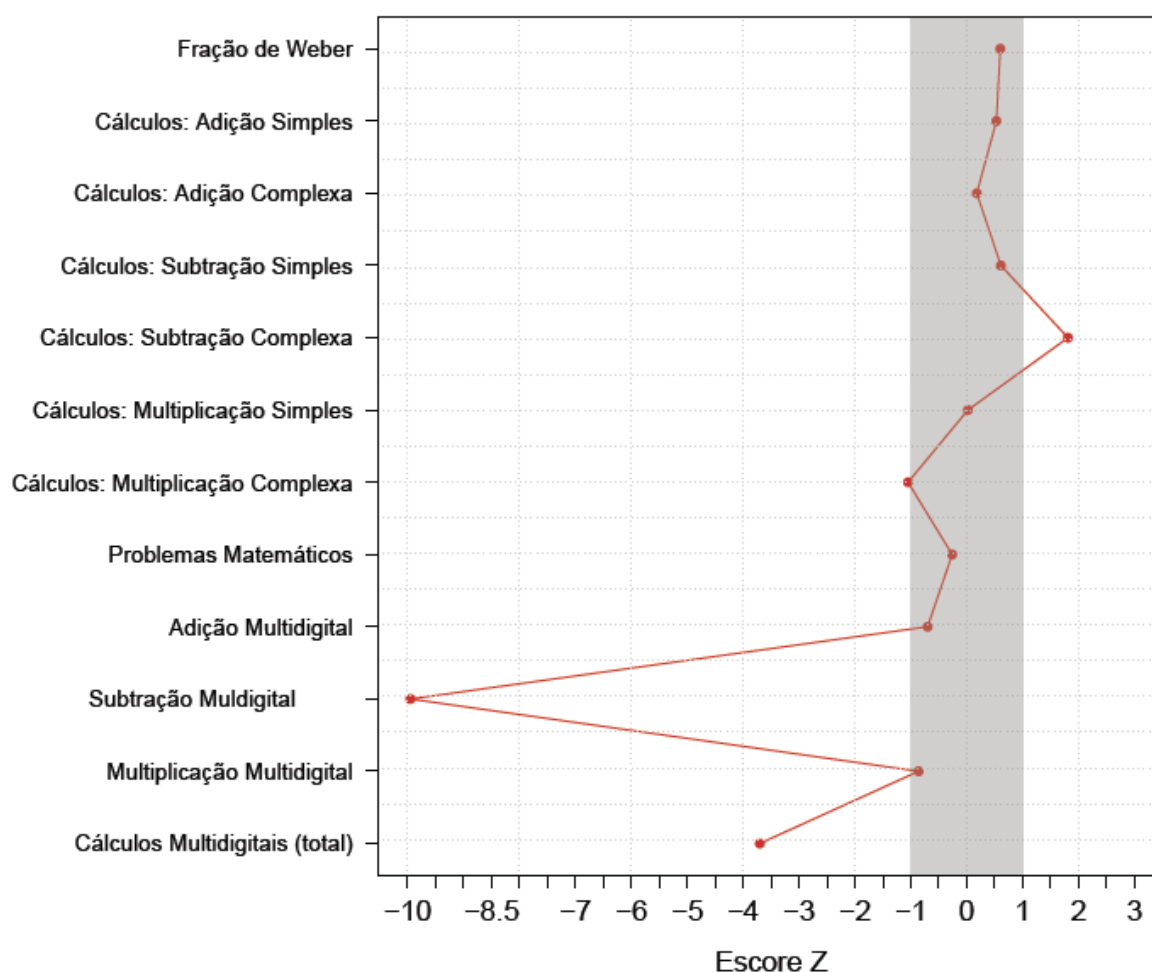


Figura 4: Desempenho de M.M. nas tarefas de cognição numérica

Quando comparada à crianças controles do 7º ano, M.M obteve desempenho de aproximadamente 1dp abaixo da média nas tarefas de multiplicação e problemas matemáticos. Na subtração simples a adolescente não apresentou dificuldades, já que essa tarefa não envolveu procedimentos de empréstimo entre colunas. Já na subtração complexa com mais de um dígito, M.M apresentou desempenho muito inferior ao grupo controle. Foi verificado um erro procedimental, cometido de forma repedia pela adolescente durante a avaliação.

#### **4.7 DISCUSSÃO DA AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA**

Os resultados da avaliação neuropsicológica evidenciam que M.M. apresenta inteligência normal, entretanto com um baixo índice de QI na Memória operacional, que engloba os subtestes de Aritmética, Dígitos e Sequência de Números e Letras. A adolescente apresentou desempenho abaixo da média nos testes que avaliaram destreza motora, funções executivas e memória operacional fonológica e visuoespacial e no subteste de Aritmética do Teste de Desempenho Escolar.

Em relação à cognição numérica, a adolescente apresentou altos níveis de Ansiedade Matemática, obtendo um baixo desempenho na execução de problemas matemáticos e cálculos aritméticos básicos e multidigitais de subtração e, finalmente na automatização da tabuada de multiplicação. O perfil neuropsicológico de M.M. é compatível com um quadro de discalculia do desenvolvimento.

Déficits no processamento de magnitudes não simbólicas tem sido associadas às dificuldades de aprendizagem na matemática (Mazzocco et al., 2011; Costa et al., 2011; Pinheiro-Chagas et al., 2014), entretanto M.M. não apresenta déficits no domínio específico de cognição numérica aqui mensurado pela fração de weber. Dentre os domínios gerais que se associam a aprendizagem da aritmética, M.M. tem prejuízos mais acentuados nas funções executivas\memória operacional. Interessantemente a adolescente ainda não automatizou a tabuada de multiplicação, apesar de uma inteligência normal e práticas educativas adequadas. Em um texto de revisão, Woodward (2006) sugere que as duas principais abordagens para automatização dos fatos aritméticas são fundamentadas no 1) uso de estratégias de ensino dos fatos e no 2) uso de treinos cronometrados. Ambas as abordagens são dependentes de memória operacional uma vez que operandos e resultado precisam estar ativados simultaneamente para formação da rede neural de conexões (Ashcraft & Battaglia, 1978).

Déficits de funções executivas e memória operacional são comuns em transtornos do desenvolvimento, e por esta razão inespecíficos (Johnson, 2012). Todavia prejuízos nessas habilidades gerais são endofenótipo já também estabelecido na literatura para as DAM (para revisão Raguhbar et al., 2010). Um estudo longitudinal demonstrou que as habilidades de memória operacional se associaram fortemente com habilidades de cálculo independentemente de outras habilidades numéricas (Attout, Noël & Majerus, 2014). Em outro estudo semelhante, porém com um design transversal, o mesmo resultado foi demonstrado: a memória operacional

foi preditora do desempenho de uma tarefa de problemas matemáticos independente das outras medidas como inteligência, conhecimento dos algoritmos das operações, processamento fonológico e habilidades de leitura e escrita (Swanson, 2004).

Embora as funções executivas possuam diferentes correlatos anatomo-clínicos, o córtex frontal é a principal região cerebral associada a este domínio (Goldberg, 2002). Já em relação a ativação cerebral relacionada a representação e processamento de informações numérica, Dehaene (2003) propõe que envolve uma rede composta pelo lobo frontal inferior esquerdo, giro angular esquerdo e giro fusiforme. Haveria assim uma sobreposição das regiões cerebrais. Além disso, uma metanálise de Kaufmann, Wood, Rubinstein e Henik (2011) encontrou que crianças e adultos ativam regiões frontais quando estão executando tarefas matemáticas. Sendo assim os déficits cognitivos encontrados em M.M. podem o quadro de Discalculia do Desenvolvimento.

Adicionalmente é necessário discutir o impacto dos altos níveis de ansiedade de M.M. Um estudo longitudinal demonstrou que o baixo desempenho em matemática foi preditor da ansiedade matemática 7 anos depois em um grupo de adolescentes em um modelo de equação estrutural (Ma & Xu, 2004). No caso de M.M. sabemos que as dificuldades em matemática são persistentes desde o início do ensino fundamental, o que ao longo dos anos impactou diretamente sobre a autoeficácia matemática da garota e conseqüentemente influencia seus níveis de ansiedade. A crença de que não é capaz de realizar uma tarefa faz com que esta tarefa seja aversiva (Jain & Dowson, 2009).

No entanto, a relação ansiedade-desempenho é um caminho de mão dupla, uma vez que crianças e adolescentes com altos índices de ansiedade podem apresentar dificuldades no aprendizado. Muitas vezes a criança\adolescente busca por serviços de avaliação com suspeita de transtorno de aprendizagem e, após avaliação, detecta-se que o problema escolar é derivado da ansiedade matemática (Haase et al., 2013). Um estudo recente de nosso grupo de pesquisa demonstrou, inclusive, que aspectos mais cognitivos associados à ansiedade matemática (autopercepção da competência) influenciam diretamente o resultado em um teste de desempenho escolar. Tal influência, entretanto, só é detectada no subteste de aritmética, e não no subteste de escrita (Haase et al., 2012). Nosso resultado mostrou que, além de ser crucial para o desempenho, a ansiedade matemática é específica de domínio, como aqui encontrado nesse estudo de caso.

Finalmente, além de considerarmos as contribuições independentes da memória operacional e ansiedade matemática para a dificuldade de aprendizagem de M.M., é necessário considerar a interação entre estas duas medidas independentes. Uma vez que a ansiedade recruta recursos de memória operacional que deveriam ser direcionados para resolução de problemas matemáticos, por exemplo (Trezise & Reeve, 2015; Ashcraft & Kirk, 2001; Brunyé et al., 2013; Eysenck & Derakshan, 2011). No caso M.M. é possível levantar duas hipóteses que explicam o baixo desempenho na matemática: 1) os dois mecanismos contribuem para os déficits escolares independentemente, caracterizando um quadro de discalculia do desenvolvimento ou 2) os déficits de memória operacional são secundários aos altos índices ansiedade e M.M. apresenta um quadro de Ansiedade Matemática. Desta maneira, com o intuito de testar nossas hipóteses, M.M. foi submetida a uma intervenção para ansiedade matemática que será descrita na próxima seção.

#### **4.8 INTERVENÇÃO NEUROPSICOLÓGICA**

Durante a avaliação inicial, foi identificado em M.M. altos níveis de Ansiedade Matemática, bem como sintomas relacionados a transtornos internalizantes, avaliados através de uma escala de comportamentos. Dessa forma, a adolescente foi convidada a participar de uma intervenção cognitivo comportamental, em grupo, para manejo de ansiedade.

A intervenção foi formulada integrando aspectos emocionais e metacognitivos, considerados importantes para a aprendizagem da matemática, como manejo de ansiedade e autorregulação. Os objetivos da intervenção envolveram a redução da ansiedade e aumento da autoeficácia, promoção de uma melhor qualidade em relações interpessoais, aumento do repertório comportamental, facilitando assim, a lidar com as dificuldades cognitivas e emocionais envolvidas na dificuldade de aprendizagem da matemática.

#### **Procedimentos**

Diante da precariedade de intervenções para o transtorno de ansiedade específico na matemática, o presente programa foi desenvolvido a partir de dados da literatura, que evidenciam que as técnicas cognitivo-comportamentais são as mais utilizadas e as mais eficazes para problemas internalizantes. Além disso, foram utilizados conteúdos para melhorar a metacognição do adolescente com DAM. As técnicas utilizadas seguiram o modelo cognitivo de

pensamento, sentimento e comportamento baseadas na terapia cognitivo-comportamental. O conteúdo trabalhado em cada sessão está descrito na Tabela 3.

As sessões foram planejadas de forma a apresentarem sempre a mesma estrutura, sendo: um momento inicial de rapport; atualização sobre a semana; revisão da tarefa de casa (trabalhada na sessão anterior), feedback do desempenho na tarefa de casa; introdução de um novo conteúdo (descrito na Tabela 3); discussão sobre os objetivos gerais e específicos de cada participante; feedback geral da sessão e apresentação da tarefa.

O programa de intervenção foi realizado com seis grupos, de aproximadamente três adolescentes, totalizando 19 participantes. Os grupos foram formados de acordo com a faixa etária dos participantes que variou entre 12 e 16 anos. M.M. participou da intervenção com mais dois adolescentes: A.P., sexo masculino, 15 anos e S.T., sexo feminino, 15 anos.

Tabela 3: Descrição do conteúdo programado para cada sessão de intervenção

Sessão	Conteúdo trabalhado
1ª sessão	Pré-teste
2ª sessão	Dinâmica para melhor interação dos participantes; psicoeducação sobre ansiedade, autorregulação e autoeficácia.
3ª sessão	Reconhecimento e manejo das emoções; traçar metas a curto, médio e longo prazo.
4ª sessão	Reconhecimento e manejo das emoções; desenvolvimento de estratégias de autorregulação como o automanejo, identificando pontos fortes e fracos de cada um.
5ª sessão	Identificação dos pensamentos distorcidos; exposição e prática, role play entre os participantes; ensinar automonitoramento e avaliação do desempenho.
6ª sessão	Teste dos pensamentos distorcidos; exposição e prática; automonitoramento, elaboração de estratégias para atingir as metas.
7ª sessão	Elaboração de pensamentos alternativos.
8ª sessão	Automonitoramento, avaliação das estratégias escolhidas, atenção aos resultados.
9ª sessão	Resolução de problemas; avaliação das estratégias escolhidas, atenção aos resultados.
10ª sessão	Reavaliação das estratégias escolhidas, atenção aos resultados.
11ª sessão	Prevenção de recaídas, automonitoramento, avaliação das estratégias escolhidas, atenção aos resultados.
12ª sessão	Pós-teste

## **Instrumentos**

Foi realizada uma testagem pré e pós-intervenção com intuito de averiguar a eficácia da intervenção para M.M. Além disso, a avaliação pretendeu investigar a existência de uma associação entre fatores emocionais e metacognitivos e o desempenho em tarefas de cognição numérica e memória operacional.

Para avaliar se os objetivos de aumentar o manejo de ansiedade e autoeficácia da adolescente foram alcançados, foram utilizados três questionários: (1) Percepção de Auto Eficácia para Autorregular a Aprendizagem; (2) Inventário de Auto Regulação da Aprendizagem e (3) Questionário de Ansiedade Matemática (QAM). Para investigar se a melhora de fatores emocionais e metacognitivos, trabalhados na intervenção, poderiam se associar ao melhor desempenho em aritmética e memória operacional, foram utilizados o subteste de Aritmética do WISC IV, o subteste de Multiplicação Multidígito e a Bateria de Avaliação da memória operacional (BAMT). Os instrumentos que não foram utilizados na Avaliação Neuropsicológica estão descritos em sequência.

### ***Bateria de Avaliação da memória operacional***

A BAMT é um procedimento de lápis e papel, consistindo de tarefas relativamente simples, do conhecimento de qualquer pessoa alfabetizada. A BAMT se constitui de dois conjuntos de três tarefas homólogas empregando estímulos numéricos e verbais e medindo cada um dos três construtos do modelo de memória operacional: armazenamento, compreensão e dupla tarefa. O teste pode ser aplicado tanto individualmente quanto em grupo (Wood, 2000). Apesar de as tarefas serem simples, a carga de processamento vai sendo progressivamente aumentada até atingir o limite da capacidade de processamento.

### ***Questionário da Percepção de Auto Eficácia para Autorregular a Aprendizagem (QPAEARA)***

O questionário inclui 08 itens que medem a capacidade percebida dos alunos quanto à instrumentalidade de uma variedade de estratégias de aprendizagem autorregulada. Os alunos deverão pronunciar-se quanto à utilidade de cada uma das estratégias mencionadas nos itens, numa escala com um formato tipo likert de 5 pontos, desde nada útil (1) a muito útil (5). (Castro,

2007). As sentenças envolvem conteúdos relacionados à capacidade de planejar e estabelecer metas para os estudos. Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho.

#### ***Inventário de Auto Regulação da Aprendizagem (IARA)***

O Inventário é composto por 08 itens pretende avaliar os comportamentos dos alunos. As respostas aos itens são dadas sob um formato tipo likert de 5 pontos, indicando a frequência, desde nunca (1) a sempre (5). Este questionário permitiu avaliar os processos autorregulatórios nas suas diferentes dimensões. (Castro, 2007). A adolescente deve indicar o nível de concordância com cada sentença da escala. As sentenças envolvem conteúdos relacionados à capacidade de estabelecer metas e monitorar seu desempenho. Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho.

### **4.9 RESULTADOS: INTERVENÇÃO NEUROPSICOLÓGICA**

Os resultados de comparação entre pré e pós-intervenção nos questionários utilizados e na BAMT, foram analisados através do teste estatístico de análises de casos isolados desenvolvido por Crawford, Garthwaite & Porter (2010), que compara o desempenho de um indivíduo em relação a um grupo controle pareado. As tarefas e questionários foram computados em escores brutos. O grupo controle foi constituído por 9 adolescentes do sexo feminino entre 14 e 15 anos, pareados assim, por idade e sexo.

As tarefas que investigaram o desempenho na matemática foram analisadas através do método de comparação de caso único de McNemar, que analisa a eficiência de situações “antes” e “depois”, em que cada indivíduo é utilizado como o seu próprio controle (McNemar, 1947). Esse modelo estatístico é um teste de homogeneidade que compara duas amostras generalizadas e a hipótese de interesse é se as mudanças marginais em cada uma das tabelas amostrais são iguais. O McNemar é especialmente aplicável a duas situações coortes (controle e intervenção).

#### **Ansiedade Matemática e Autoeficácia**

A avaliação da Ansiedade Matemática e Auto Eficácia foram utilizadas como foram realizadas como medidas eficácia da intervenção. Os resultados de comparação entre pré e pós-intervenção encontram-se descritos na Tabela 4.



Tabela 4: Resultados da eficácia da intervenção

Instrumento		Média (DP)	Pré	t	p	Pós	t	p
QAM	Matemática Geral	15,78 (3,52)	19	0,86	0,20	14	-0,48	0,32
	Cálculos Fáceis	13,11 (2,36)	18	1,96	0,04*	20	2,77	0,01*
	Cálculos Difíceis	16,33 (3,57)	18	0,44	0,33	16	-0,08	0,46
	Cálculos Escritos	14,33 (3,00)	20	1,79	0,05*	18	1,16	0,13
	Cálculos Mentais	14,67 (1,80)	20	2,80	0,01*	20	2,80	0,01*
	Dever de casa de Mat.	14,67 (3,77)	18	0,83	0,21	15	0,08	0,46
	Autopercepção	17,33 (5,40)	28	1,87	0,04*	24	1,17	0,13
	Atitudes	18,44 (6,54)	30	1,67	0,06	29	1,53	0,08
	Sentimentos	26,33 (3,74)	26	-0,08	0,46	23	-0,84	0,21
	Ansiedade	26,56 (2,45)	29	0,94	0,18	27	0,17	0,43
<i>QPAEARA</i>	Autoeficácia	26,00 (3,02)	19	-2,19	0,02*	39	4,08	0,001*
IARA	Autorregulação	26,50 (3,62)	18	-2,22	0,02*	36	2,49	0,01*

Os resultados descritos na Tabela 4 mostram que M.M. apresentou uma diferença na percepção das subescalas de cálculos escritos e autopercepção no QAM. Na subescala de cálculos fáceis e cálculos mentais, a adolescente permaneceu diferente dos controles tanto no pré quanto no pós teste. Ressalta-se que, no QAM, quanto maior a pontuação, maior o nível de ansiedade. Nos questionários de autoeficácia e autorregulação houve uma diferença da adolescente em relação aos controles nas duas medidas. M.M apresentou um escore significativamente abaixo dos controles no pré-teste, bem como um escore estatisticamente acima dos controles no pós-teste.

Quando comparada ao seu próprio desempenho, houve uma tendência de diminuição na pontuação do QAM, que seria o resultado esperado após a intervenção, com exceção dos cálculos fáceis e dos cálculos mentais. Da mesma forma, os questionários de autorregulação e autoeficácia seguiram uma tendência conforme o esperado, porém com uma diferença bastante significativa entre o pré o pós-teste, evidenciando a eficácia da intervenção.

Destaca-se que M.M. obteve melhor desempenho na avaliação pré e pós-intervenção, quando comparada aos outros adolescentes, que integraram o grupo. Os participantes do grupo não diferiram dos controles tanto na avaliação pré, quanto na avaliação pós-intervenção.

### Memória Operacional

Para a avaliação da hipótese discutida na literatura, de que a ansiedade poderia contribuir para uma redução de recursos cognitivos, como a memória operacional, foi utilizada a BAMT, como instrumento de comparação entre pré e pós-intervenção. Os resultados de comparação entre o desempenho de M.M na BAMT e o grupo controle encontram-se descritos na Tabela 5 e 6.

Tabela 5: Resultados da BAMT- Comparação com um grupo controle

	PRÉ	t	p	PÓS	t	p	Média (DP) n=87
Caderno A (numéricas)							
ALCCOM – Alcance de computação	3	-0,49	0,31	4	0,01	0,49	3,97 (1,94)
APRD – Lista de Números	5	-0,84	0,20	6	-0,28	0,38	6,51 (1,78)
CPRATM – Compreensão Aritmética	13	-0,68	0,24	13	-0,68	0,24	15,47 (3,58)
Caderno B (verbal)							
ALCESC – Alcance de Apreensão na Escrita	5	1,06	0,14	4	0,50	0,30	3,11 (1,76)
APRP – Lista de Palavras	5	0,91	0,18	5	0,91	0,18	4,24 (0,83)
CPRSENT – Compreensão de Frases	6,5	-0,52	0,30	7	-0,31	0,37	7,76 (2,4)

Os resultados das tarefas de memória operacional indicam que M.M. não apresentou diferença estatística em relação aos controles na avaliação pré e pós-intervenção. M.M apresentou desempenho semelhante nos dois momentos da avaliação, aumentando apenas um span em alguns dos subtestes. Entretanto, esse aumento pode ser relacionado à um efeito de retestagem, já que não foi estaticamente significativo.

Tabela 6: Comparação intra-sujeito na BAMT

	PRÉ	PÓS	McNemar	P
Caderno A (numéricas)				
ALCCOM – Alcance de computação	9/18	11/18	0,5	>0,05
APRD – Lista de Números	10/24	12/24	0,5	>0,05
CPRATM – Compreensão Aritmética	26/54	26/54	0,0	>0,05
Caderno B (verbal)				
ALCESC – Alcance de Apreensão na Escrita	12/18	11/18	0,0	>0,05
APRP – Lista de Palavras	8/15	10/15	0,5	>0,05
CPRSENT – Compreensão de Frases	11/50	14/50	1,33	>0,05

M.M não apresentou diferença significativa no desempenho entre o pré e pós teste quando comparado ao próprio desempenho. A adolescente apresentou desempenho semelhante antes e após a intervenção nas tarefas que avaliaram memória de trabalho.

### Desempenho na matemática

Para investigar se a melhora relacionada aos fatores emocionais e metacognitivos poderia ter um impacto sobre o desempenho na matemática, foram reaplicadas as tarefas de Tabuada, Multiplicação Multidígito e Aritmética do WISC IV após a intervenção realizada.

Tabela 7: Desempenho em tarefas matemáticas

Tarefa	PRÉ	PÓS	McNemar	P
Aritmética WISC	22/34	28/34	4,16	<0,05
Cálculos Multidigitais (multiplicação)	18/31	18/31	0,0	>0,05
Tabuada	77/81	78/81	0,0	>0,05

M. M obteve uma melhora estatisticamente significativa em relação ao desempenho no subteste de Aritmética do Wisc IV ( $p < 0,05$ ), aumentando 5 pontos ponderados de acordo com o manual do teste (Figueiredo, 2013). Entretanto, M.M não apresentou aumento significativo do escore nas tarefas de tabuada e Multiplicação Multidígito.

#### 4.10 DISCUSSÃO DA INTERVENÇÃO

Os resultados da intervenção sugerem que M.M. obteve uma melhora dos aspectos metacognitivos relacionados à autoeficácia e à autorregulação, evidenciado pelo aumento no auto-relato, avaliado pelos questionários utilizados. Em relação à ansiedade matemática, também foi verificada uma diminuição da pontuação no QAM, após a intervenção, nas subescalas de cálculos escritos e autopercepção. A diferença significativa entre o pré e o pós teste, considerando os questionários de auto-avaliação, indicam que a intervenção resultou em uma melhora no manejo da ansiedade e dos fatores metacognitivos relacionados à aprendizagem da matemática.

Os aspectos metacognitivos são importantes no processo de aprendizagem, uma vez que permite que o indivíduo desenvolva estratégias para tornar tal processo mais eficiente (Baker, 2011; McCormick, 2003). Dessa forma, a intervenção teve um papel fundamental na percepção da autoeficácia e na autorregulação de M.M., auxiliando-a a lidar melhor com sua dificuldade e encontrando alternativas para potencializar sua aprendizagem. Além disso, existem diversos estudos na literatura evidenciando que a terapia cognitivo-comportamental tem uma alta eficácia para os transtornos de ansiedade (Tolin, 2010). Os estudos da TCC comprovam que, através a identificação, questionamento e mudança dos pensamentos disfuncionais, há uma modificação dos comportamentos e sentimentos relacionados a esses pensamentos (Knapp & Beck, 2008).

Por outro lado, M.M. não apresentou diferença no desempenho nas tarefas de memória operacional, como é sugerido pela literatura. Ela apresentou o aumento de um span em algumas escalas da tarefa, o que foi atribuído a um possível efeito de retestagem.

Em relação ao desempenho na matemática, M.M obteve uma melhora significativa no subtteste de Aritmética do WISC IV. Essa tarefa é composta por problemas verbalmente formulados, que vão aumentando de complexidade com o avanço dos itens. Entretanto, a adolescente não apresentou melhora no desempenho nas tarefas relacionadas à multiplicação. Na tarefa de Tabuada, espera-se que adolescentes de mesma idade tenham um efeito teto, acertando todos os cálculos apresentados. M.M cometeu alguns erros na tarefa, porém seu desempenho se manteve próximo ao total tanto na avaliação pre, quanto na pós-intervenção. Já na tarefa de

Multiplicação Multidigital, a adolescente apresentou baixo desempenho, mantendo o mesmo padrão após a intervenção.

Assim, os resultados de M.M. mostram que não houve uma melhora das funções cognitivas, principalmente memória de trabalho, após a intervenção, sugerindo que diferente do que tem sido encontrada na literatura, a ansiedade não teve um papel moderador de seu desempenho (Ashcraft & Kirk, 2001; Maloney & Beilock, 2012). Ademais, a dificuldade de M.M. no resgate de fatos aritméticos se manteve, corroborando a hipótese diagnóstica de discalculia do desenvolvimento (Kaufmann et al, 2004; Visscher & Noel, 2013), uma vez que a dificuldade da adolescente se mostrou persistente mesmo após a intervenção para ansiedade.

Dessa forma, pode-se concluir que quando controlada a ansiedade e o manejo da autoeficácia, a garota melhora seu desempenho nas habilidades que destacam no seu perfil cognitivo, porém as dificuldades se mantêm nas habilidades que tem dificuldade, como o resgate dos fatos aritméticos e a memória operacional, ou seja, os déficits na matemática que são explicados pelos déficits cognitivos não são secundários as questões psicossociais, descartando nossa hipótese levantada ao fim da avaliação, de que déficits na memória de trabalho em M.M seriam secundários à presença de um quadro de Ansiedade Matemática.

#### **4.11 CONCLUSÃO**

M.M. foi submetida a uma avaliação neuropsicológica devido à queixa de dificuldade de aprendizagem na matemática, no qual foram detectados como mecanismos subjacentes a estas dificuldades as funções executivas e a ansiedade matemática. Uma vez que altos índices de ansiedade associam-se a prejuízos no desempenho de tarefas de memória operacional, M.M. foi submetida a uma intervenção para ansiedade matemática, com o objetivo de investigar efeitos de moderação. Os resultados da intervenção demonstraram que apesar da diminuição dos níveis de ansiedade, M.M. ainda continuou com dificuldades nas tarefas matemáticas e de memória operacional, ou seja, o mau desempenho acadêmico é explicado primariamente pelos déficits cognitivos. No caso de M.M. a relação ansiedade X desempenho indica que os prejuízos psicossociais parecem ter emergido a partir das experiências de fracasso da garota ao longo da vida.

Apesar do baixo poder de generalização, estudos de casos isolados abrem portas para estudos mais refinados sobre o funcionamento cerebral a partir do teste de hipótese como fizemos no presente estudo e em um estudo anterior (Haase et al., 2014). As dificuldades de aprendizagem da matemática são heterogêneas (Rubinstein & Henik, 2009). Por um lado, parte dessa variabilidade pode ser atribuída a complexidade da habilidade, mas por outro lado, é importante salientar que os estudos de cognição numérica ainda são recentes e é possível que os mecanismos cognitivos associados ainda não tenham sido completamente elucidados. Assim os estudos de casos isolados podem contribuir para formulação de hipóteses e design de estudos maiores que busquem identificar melhor o funcionamento da aprendizagem e da dificuldade na matemática.

#### 4.12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashcraft, M. H., & Battaglia, J. (1978). Cognitive arithmetic: Evidence for retrieval and decision processes in mental addition. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4(5), 527.
- Achenbach, T. M., Becker, A., Döpfner, M., Heiervang, E., Roessner, V., Steinhausen, H. C., & Rothenberger, A. (2008). Multicultural assessment of child and adolescent psychopathology with ASEBA and SD instruments: research findings, applications, and future directions. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(3), 251-275.
- Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General*, 130(2), 224.
- Ashcraft, M. H., & Ridley, K. S. (2005). Math anxiety and its cognitive consequences: A tutorial review.
- Attout, L., Noël, M. P., & Majerus, S. (2014). The relationship between working memory for serial order and numerical development: A longitudinal study. *Developmental psychology*, 50(6), 1667.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. *The psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.
- Baker, L. (2011). Metacognition. V. G. Auerkust (ed.) *Learning and cognition in education* (pp. 128-134). San Diego: Academic/Elsevier.
- Bandura, A. (1988). Self-efficacy conception of anxiety. *Anxiety research*, 1(2), 77-98.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice-Hall, Inc.
- Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in developmental disabilities*, 35(3), 657-670.

- Bynner, J. M., & Parsons, S. (1997). *It Doesn't Get Any Better: The Impact of Poor Basic Skills on the Lives of 37 Year Olds*. London: Basic Skills Agency.
- Bynner, J., & Parsons, S. (2006). Does numeracy matter more?. National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy Institute of Education, University of London
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental neuropsychology*, 19(3), 273-293.
- Castro, M. A. D. S. N. (2007). Processos de autorregulação da aprendizagem: impacto de variáveis acadêmicas e sociais.
- Charchat-Fichman, H., & Oliveira, R. M. (2009). Performance of 119 Brazilian children on Stroop paradigm: Victoria version. *Arquivos de Neuro-psiquiatria*, 67(2B), 445-449.
- Chen, Q., & Li, J. (2014). Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis. *Acta psychologica*, 148, 163-172.
- Costa, A. J., Silva, J. B. L., Chagas, P. P., Krinzinger, H., Lonneman, J., Willmes, K., Wood, G., & Haase, V. G. (2011). A hand full of numbers: a role for offloading in arithmetics learning? *Frontiers in Psychology*, 2, 368.
- Costa, A. J., Silva, J. B. L., Chagas, P. P., Krinzinger, H., Lonneman, J., Willmes, K., ... & Haase, V. G. (2011). A hand full of numbers: a role for offloading in arithmetics learning?. *Frontiers in psychology*, 2.
- Crawford, J. R., Garthwaite, P. H., and Porter, S. (2010). Point and interval estimates of effect sizes for the case-controls design in neuropsychology: Rationale, methods, implementations, and proposed reporting standards. *Cognitive Neuropsychology*, 27, 245-260.



- De Almeida, C. S. (2006). Dificuldades de aprendizagem em Matemática e a percepção dos professores em relação a fatores associados ao insucesso nesta área. *Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Católica de Brasília, UCB, Brasília–DF.*
- De Figueiredo, V. L., & Do Nascimento, E. (2007). Desempenhos nas duas tarefas do subteste dígitos do WISC-III e do WAIS-III. *Psicol Teor Pesqu*, 23, 313-8.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250.
- Dehaene, S., Izard, V., and Piazza, M. (2005). Control over non-numerical parameters in numerosity experiments. Available online at: <http://www.unicog.org/docs/DocumentationDotsGeneration.doc>
- De Visscher, A., & Noël, M. P. (2013). A case study of arithmetic facts dyscalculia caused by a hypersensitivity-to-interference in memory. *Cortex*, 49(1), 50-70.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135.
- Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetic: Implications for psychology, neuroscience and education*. Psychology Press.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental psychology*, 43(6), 1428.
- Eysenck, M. W., & Derakshan, N. (2011). New perspectives in attentional control theory. *Personality and Individual Differences*, 50(7), 955-960.
- Ferreira, F. O., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K. & Haase, V. G. (2012). Explaining school mathematics performance from symbolic and nonsymbolic magnitude processing: similarities and differences between typical and low-achieving children. *Psychology & Neuroscience*, 5, 37-46
- Figueiredo, V. D. (2013). WISC-IV: Escala de Inteligência Wechsler para Crianças-adaptação brasileira da 4ª edição. São Paulo: Casa do Psicólogo.

- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 37(1), 4-15.
- Goldberg, E. (2002). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. Oxford University Press.
- Gross- Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 38(1), 25-33.
- Haase, V. G., Júlio-Costa, A., Pinheiro-Chagas, P., Oliveira, L. F. S., Micheli, L. R. & Wood, G. (2012). Math self-assessment, but not negative feelings, predicts mathematics performance of elementary school children. *Child Development Research*, Article ID 982672, 10 pages,
- Haase, V. G., Silva, J. B. L., Antunes, A. M., Starling-Alves I., Júlio-Costa, A., Pinheiro-Chagas, P., Moura, R. J., & Wood, G. (2013). Com quantos bytes se reduz a ansiedade matemática? A inclusão digital como uma possível ferramenta na promoção do capital mental. In L. E. L. R. do Valle, J. W. da Costa & M. J. V. M. de Matos (Eds.), *Educação Digital*. Porto Alegre, RS: Artmed, 188
- Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455, 665-668. doi:10.1038/nature07246.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for research in mathematics education*, 33-46.
- Izard, V., & Dehaene, S. (2008). Calibrating the mental number line. *Cognition*, 106(3), 1221-1247.
- Jain, S., & Dowson, M. (2009). Mathematics anxiety as a function of multidimensional self-regulation and self-efficacy. *Contemporary Educational Psychology*, 34(3), 240-249.
- Johnson, M. H. (2012). Executive function and developmental disorders: the flip side of the coin. *Trends in cognitive sciences*, 16(9), 454-457.

- Kaufmann, L., Lochy, A., Drexler, A., & Semenza, C. (2004). Deficient arithmetic fact retrieval—storage or access problem?: A case study. *Neuropsychologia*, 42(4), 482-496.
- Kaufmann, L., & von Aster, M. (2012). The diagnosis and management of dyscalculia. *Deutsches Ärzteblatt International*, 109(45), 767.
- Kaufmann, L., Wood, G., Rubinsten, O., & Henik, A. (2011). Meta-analyses of developmental fMRI studies investigating typical and atypical trajectories of number processing and calculation. *Developmental Neuropsychology*, 36(6), 763-787.
- Knapp, P., & Beck, A. T. (2008). Fundamentos, modelos conceituais, aplicações e pesquisa da terapia cognitiva Cognitive therapy: foundations, conceptual models, applications and research. *Rev Bras Psiquiatr*, 30(Supl II), S54-64.
- Li, Y., & Geary, D. C. (2013). Developmental gains in visuospatial memory predict gains in mathematics achievement. *PloS one*, 8(7), e70160.
- Lopes-Silva, J. B., Moura, R., Júlio-Costa, A., Haase, V. G., & Wood, G. (2014). Phonemic awareness as a pathway to number transcoding. *Frontiers in psychology*, 5.
- Ma, X., & Xu, J. (2004). The causal ordering of mathematics anxiety and mathematics achievement: a longitudinal panel analysis. *Journal of Adolescence*, 27(2), 165-179.
- Maloney, E. A., & Beilock, S. L. (2012). Math anxiety: Who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in cognitive sciences*, 16(8), 404-406.
- Mazzocco, M. M. (2007). Defining and differentiating mathematical learning disabilities and difficulties.
- Mazzocco, M. M., Feigenson, L., & Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child development*, 82(4), 1224-1237.
- McCormick, C. g. (2003). Metacognition and learning. In W. M. Reynolds, G. E. Miller, & I. B. Weiner (eds.) *Handbook of psychology*. Vol. 7. Educational Psychology (pp. 79-102). New York: Wiley.

- McNemar, Q. (1947). Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentagens. *Psychometrika*, 12 (2), 153-157.
- McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 93-108.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. Editora pedagógica e universitária.
- Murphy, M. M., Mazzocco, M. M., Hanich, L. B., & Early, M. C. (2007). Cognitive characteristics of children with mathematics learning disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities*, 40(5), 458-478.
- Oliveira, V.H.L. (2013). Reflexões sobre o Processo de Ensino e Aprendizagem da Matemática na Educação Básica: Alguns fatores importantes. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Matemática, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- Oliveira-Ferreira, F., Costa, D. S., Micheli, L. R., Sílvia Oliveira, L. D. F., Pinheiro-Chagas, P., & Haase, V. G. (2012). School Achievement Test: Normative data for a representative sample of elementary school children. *Psychology & Neuroscience*, 5(2), 157.
- Oliveira, L. F. S., Vianna, G. S., Di Ninno, C. Q. M. S., Giacheti, C. M., Carvalho, M. R. S., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., & Haase, V. G. (2014). Impaired acuity of the approximate number system in 22q11.2 microdeletion syndrome. *Psychology & Neuroscience*, 7, 151-158
- Parsons, S., & Bynner, J. (1997). Numeracy and employment. *Education & Training*, 39, 43-51.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of experimental child psychology*, 88(4), 348-367.

- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... & Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, *116*(1), 33-41
- Pinheiro-Chagas, P., Wood, G., Knops, A., Krinzinger, H., Lonnemann, J., Starling-Alves, I., ... & Haase, V. G. (2014). In How Many Ways is the Approximate Number System Associated with Exact Calculation?. *PloS one*, *9*(11), e111155.
- Poole, J. L., Burtner, P. A., Torres, T. A., McMullen, C. K., Markham, A., Marcum, M. L., ... & Qualls, C. (2005). Measuring dexterity in children using the Nine-hole Peg Test. *Journal of Hand Therapy*, *18*(3), 348-351.
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, *20*(2), 110-122.
- Ramaa, S., & Gowramma, I. P. (2002). A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia*, *8*(2), 67-85.
- Rey, A., & Oliveira, M. D. S. (1999). Teste de cópia e de reprodução de memória de figuras geométricas complexas: manual. Adaptação e Padronização Brasileira, 1.
- Robbins, T. W., Weinberger, D., Taylor, J. G., & Morris, R. G. (1996). Dissociating executive functions of the prefrontal cortex [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *351*(1346), 1463-1471.
- Rocha, M. M., Rescorla, L. A., Emerich, D. R., Silvaes, E. F. M., Borsa, J. C., Araújo, L. G. S., & Assis, S. G. (2013). Behavioural/emotional problems in Brazilian children: findings from parents' reports on the Child Behavior Checklist. *Epidemiology and psychiatric sciences*, *22*(04), 329-338.
- Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, *13*(2), 92-99.

- Rubinsten, O., & Tannock, R. (2010). Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. *Behavioral and Brain functions*, 6(1), 46.
- Salles, J. F. D., Piccolo, L. D. R., Zamo, R. D. S., & Toazza, R. (2013). Normas de desempenho em tarefa de leitura de palavras/pseudopalavras isoladas (LPI) para crianças de 1º ano a 7º ano. *Estudos e Pesquisas em Psicologia*, 13(2), 397-419.
- Santos, F. H., Mello, C. B., Bueno, O. F. A., & Dellatolas, G. (2005). Cross-cultural differences for three visual memory tasks in brazilian children 1, 2. Perceptual and motor skills, 101(2), 421-433.
- Sedó, M. A. (2007). FDT: Test de los Cinco Dígitos. TEA ediciones.
- Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: prevalence and prognosis. *European child & adolescent psychiatry*, 9(2), S58-S64.
- Simmons, F. R., & Singleton, C. (2008). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *Dyslexia*, 14(2), 77-94.
- Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A. M. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of experimental child psychology*, 111(2), 139-155.
- Spreen, O & Strauss, E (1998). A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary. Oxford University Press, USA.
- Stein, L. M. (1994). TDE: teste de desempenho escolar: manual para aplicação e interpretação. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1-17.
- Swanson, H. L. (2004). Working memory and phonological processing as predictors of children's mathematical problem solving at different ages. *Memory & Cognition*, 32(4), 648-661.
- Toll, S. W., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2011). Executive functions as predictors of math learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521-532.

- Tolin, D. F. (2010). Is cognitive-behavioral therapy more effective than other therapies?: A meta-analytic review. *Clinical psychology review*, 30(6), 710-720.
- Trezise, K., & Reeve, R. A. (2015). Worry and working memory influence each other iteratively over time. *Cognition and Emotion*, (ahead-of-print), 1-16.
- Wood, G. M. O. (2000). Efeitos do nível de autoeficácia cognitiva percebida e de programas de treinamento cognitivo sobre a capacidade de memória de trabalho de indivíduos idosos. Dissertação de mestrado não publicada. Belo Horizonte: Programa de Pós-graduação em Psicologia, Universidade Federal de Minas Gerais
- Woodward, J., & Brown, C. (2006). Meeting the curricular needs of academically low-achieving students in middle grade mathematics. *The Journal of Special Education*, 40(3), 151-159.
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades?. *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(1), 2-40.
- Venneri, A., Cornoldi, C., & Garuti, M. (2003). Arithmetic difficulties in children with visuospatial learning disability (VLD). *Child Neuropsychology*, 9(3), 175-183.
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., & Chang, A. (2014). Deconstructing building blocks: Preschoolers' spatial assembly performance relates to early mathematical skills. *Child development*, 85(3), 1062-1076.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

O objetivo central desta dissertação foi investigar os principais perfis cognitivos associados à aprendizagem da matemática. Para isso, foi realizado um estudo de classificação, que resultou em quatro grupos distintos de funcionamento cognitivo. Através desses grupos, foi possível avaliar como cada um desses perfis neuropsicológicos impactam no desempenho em aritmética. Um grupo apresentou baixo desempenho em tarefas que avaliaram o processamento visuoespacial. Esse grupo apresentou um desempenho abaixo da média em cálculos aritméticos, porém dentro da faixa de normalidade, sugerindo que as habilidades visuoespaciais desempenham um papel importante na aprendizagem da matemática. Diversos estudos corroboram esse achado (Mamarella, Lucangeli & Cornoldi, 2010; Li & Geary, 2013), evidenciando o papel do processamento visuoespacial para no desempenho em matemática.

Um segundo grupo apresentou baixo desempenho em uma tarefa que avaliou a memória de trabalho fonológica. Esse grupo apresentou um desempenho abaixo do grupo de desenvolvimento típico, nas tarefas matemáticas. Entretanto se manteve sempre próximo à faixa média de desempenho. Uma hipótese é que a memória de trabalho sofre uma influência do tipo de tarefa utilizada. Assim, os cálculos básicos, que foram utilizados, não foram capazes de evidenciar o baixo desempenho em aritmética do grupo. O mesmo não ocorreu com um teste de desempenho escolar utilizado, que é composto também por cálculos multidigitais. Nesta tarefa as crianças deste grupo apresentaram um pior desempenho. A memória de trabalho fonológica exerce função importante em problemas formulados verbalmente (Jordan, Wylie & Mulhern, 2010), em tarefas de transcodificação entre as representações numéricas (Moura et. al, 2013) e cálculos complexos (Raghubar et al., 2010).

Um terceiro grupo encontrado se destacou por um déficit relacionado ao senso numérico, representação analógica de magnitudes, responsável por manipular quantidades não simbólicas (Dehaene & Cohen, 1997) . Déficit relacionados ao senso numérico resultam em um pior desempenho na aritmética (Halberda, Mazocco & Feigenson, 2008). Assim, esse grupo



apresentou um pior desempenho, quando comparado aos outros grupos, em todas as tarefas de cálculos aritméticos, além de ser composto, em sua maioria, por crianças classificadas como dificuldade na aprendizagem da matemática por um teste de desempenho escolar utilizado.

Foi encontrado um quarto grupo que não apresentou nenhum tipo de prejuízo relacionado ao desempenho nas tarefas neuropsicológicas. Os achados sugerem que existe uma associação entre variáveis cognitivas, como memória de trabalho, habilidades visuoespaciais e o senso numérico, e o desempenho em aritmética. Os resultados encontrados contribuem para a hipótese amplamente discutida na literatura, de que uma multiplicidade de variáveis cognitivas estaria associada ao desempenho em aritmética, contribuindo para um perfil heterogêneo de comprometimento na DAM (Bartelet, Ansari, Vaessen, & Blomert, 2014).

No segundo estudo foi realizado um estudo de caso de uma paciente de 16 anos, que apresentou déficits importantes no funcionamento executivo e memória de trabalho. A paciente apresenta prejuízos persistentes em relação ao desempenho em aritmética, que foram atribuídos aos déficits cognitivos. Entretanto investigou-se a especificidade desses déficits para o desempenho em matemática. Uma hipótese levantada foi a de que outros fatores como a ansiedade matemática, poderiam estar associados a essa especificidade do prejuízo. Diversos estudos ressaltam a relação entre altos níveis de ansiedade e o baixo desempenho em matemática (Haase et al., 2012). Foi realizada uma intervenção neuropsicológica para o manejo de ansiedade, através de estratégias cognitivo-comportamentais. Após a intervenção, a paciente apresentou melhora significativa em relação aos índices de ansiedade matemática e auto-eficácia. Entretanto, não apresentou melhora significativa em relação às tarefas cálculos de um dígito e mais dígitos de multiplicação. Apresentou melhora em uma tarefa de problemas verbalmente formulados. Tal resultado sugere que os déficits cognitivos da paciente são responsáveis por explicar parte do baixo desempenho em aritmética, no entanto, a ansiedade matemática também desempenha papel importante para o prejuízo relacionado ao baixo desempenho, sugerindo que a associação desses fatores, resulta em uma especificidade de déficits na matemática.

Dessa forma, déficits cognitivos de domínio geral, relacionados ao desempenho em aritmética, devem ser mais amplamente investigados, a fim de averiguar melhor os resultados encontrados em relação à formação de subtipos cognitivos que se associaram à dificuldade na matemática. Além disso, é de grande relevância, investigar quais fatores poderiam estar associados a esses

diversos subtipos cognitivos de domínio geral, resultando em uma especificidade para o baixo desempenho em aritmética.

## 5.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A., & Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in developmental disabilities, 35*(3), 657-670.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex, 33*(2), 219-250.
- Haase, V. G., Júlio-Costa, A., Pinheiro-Chagas, P., Oliveira, L. F. S., Micheli, L. R. & Wood, G. (2012). Math self-assessment, but not negative feelings, predicts mathematics performance of elementary school children. *Child Development Research*, Article ID 982672, 10 pages,
- Halberda, J., Mazocco, M. M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature, 455*(7213), 665-668.
- Jordan, J. A., Wylie, J., & Mulhern, G. (2010). Phonological awareness and mathematical difficulty: A longitudinal perspective. *British Journal of Developmental Psychology, 28*(1), 89-107.
- Li, Y., & Geary, D. C. (2013). Developmental gains in visuospatial memory predict gains in mathematics achievement. *PloS one, 8*(7), e70160.
- Mammarella, I. C., Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (2010). Spatial working memory and arithmetic deficits in children with nonverbal learning difficulties. *Journal of Learning Disabilities.*
- Moura, R., Wood, G., Pinheiro-Chagas, P., Lonnemann, J., Krinzinger, H., Willmes, K., & Haase, V. G. (2013). Transcoding abilities in typical and atypical mathematics achievers: the role of working memory and procedural and lexical competencies. *Journal of experimental child psychology, 116*(3), 707-727.
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences, 20*(2), 110-122.

ANEXO I – Parecer do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

**Parecer nº. ETIC 42/08**

**Interessado(a): Prof. Vitor Geraldi Haase**  
**Departamento de Psicologia**  
**Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas - UFMG**

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 16 de maio de 2008, após atendidas as solicitações de diligência, o projeto de pesquisa intitulado **"Discalculia do desenvolvimento em crianças de idade escolar: triagem populacional e caracterização de aspectos cognitivos e genético-moleculares"** bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

**Prof. Maria Teresa Marques Amaral**  
**Coordenadora do COEP-UFMG**