

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM NEUROCIÊNCIAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

MARYANE PAULA SANTOS

**Discalculia do Desenvolvimento: Implicações para o profissional da
Fonoaudiologia**

BELO HORIZONTE

2018

MARYANE PAULA SANTOS

**Discalculia do Desenvolvimento: Implicações para o profissional da
Fonoaudiologia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para a obtenção do título de Especialista em Neurociências e suas Fronteiras.

Orientadora: Dr.(a) Annelise Júlio-Costa

BELO HORIZONTE

2018

043

Santos, Maryane Paula.

Discalculia do desenvolvimento: implicações para o profissional da fonoaudiologia [manuscrito] / Maryane Paula Santos. - 2018.

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

Orientadora: Dr.(a) Annelise Júlio-Costa.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para a obtenção do título de Especialista em Neurociências e suas Fronteiras.

1. Neurociências. 2. Discalculia. 3. Transtornos de aprendizagem. 4. Fonoaudiologia. I. Júlio-Costa, Annelise. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 612.8

Resumo

Este trabalho teve por objetivo descrever o Transtorno de Aprendizagem da Matemática e apontar os mecanismos cognitivos subjacentes de maior implicação para a fonoaudiologia. A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão de literatura baseada na escolha arbitrária de tópicos relevantes para o tema. A discalculia do desenvolvimento se refere a um transtorno na aquisição de habilidades aritméticas básicas, cujas dificuldades de aprendizagem da matemática são persistentes e não podem ser atribuídas a fatores emocionais, a privação socioeducacional ou a déficits neurosensoriais. Este transtorno apresenta comprometimento das habilidades verbais, memória verbal, processamento fonológico, habilidades visoespaciais, funções executivas e representação não simbólica de magnitude. Um estudo realizado com a população brasileira mostrou que a prevalência da discalculia foi de 7,8% na população em idade escolar. Estudos sugerem que o processamento fonológico é o principal mecanismo cognitivo comum entre os transtornos da discalculia e da dislexia, cujo déficit pode influenciar no aprendizado das habilidades. A intervenção da fonoaudiologia na discalculia está pautada nas dificuldades de linguagem, no processamento fonológico e seus componentes e nas funções cognitivas implicadas ao transtorno. Desta forma, se faz importante compreender os pontos comuns entre os transtornos de aprendizagem, levando em consideração a alta prevalência dos mesmos, o impacto na saúde, na funcionalidade, no desenvolvimento profissional e socioeconômico do indivíduo. Isso auxiliará na elaboração das estratégias de estimulação, priorizando e hierarquizando as habilidades a serem promovidas e/ou compensadas.

Palavras-chave: Transtornos de aprendizagem, Discalculia do desenvolvimento, Fonoaudiologia.

Abstract

This work aimed to describe the Learning Disorder of Mathematics and to point out the underlying cognitive mechanisms of greater implication in Speech Therapy. The research was carried out through a bibliographic review based on the arbitrary choice of themes relevant to the theme. Developmental dyscalculia refers to a disorder in the acquisition of basic arithmetic skills whose difficulties in learning mathematics are persistent and cannot be attributed to emotional factors, socio-educational deprivation, or sensorineural deficits. This disorder presents impairment of verbal skills, verbal memory, phonological processing, visuospatial skills, executive functions and non-symbolic representation of magnitude. A study conducted with the Brazilian population showed that the prevalence of dyscalculia was 7.8% in the school-age population. Studies suggest that phonological processing is the main common cognitive mechanism between dyscalculia and dyslexia disorders, whose deficit may influence the learning of the abilities. The speech-language intervention in dyscalculia is based on language difficulties, phonological processing and its components and on the cognitive functions involved in the disorder. Thus, it is important to understand the common points between learning disorders, taking into account their high prevalence, impact on health, functionality, professional development and socioeconomic of the individual. This will help in the elaboration of strategies of stimulation, prioritizing and hierarchizing the skills to be promoted and / or compensated.

Keywords: Learning Disorders, Developmental dyscalculia, Speech-Language Therapy.

1 Introdução

O Transtorno Específico de Aprendizagem é classificado como um transtorno do neurodesenvolvimento e compreende uma dificuldade específica e persistente no processo de aprendizagem. O termo “específico” nos diz que não há presença de outros déficits que justificariam a dificuldade (como déficits cognitivos globais, sensoriais e educacionais). Já o “persistente” nos remete a origem neurobiológica do problema e a perseveração das dificuldades mesmo em condições de estimulação adequada (Zorzi, 2004).

O transtorno de aprendizagem afeta o modo pelo qual crianças sem deficiência intelectual, recebem, processam ou expressam informações, as quais se mantêm por toda a vida. Isto prejudica a habilidade para aprender habilidades básicas em leitura, escrita ou matemática (Zorzi, 2004).

De acordo com o DSM-5, o diagnóstico para os transtornos específicos de aprendizagem (TEAs) consiste em um desempenho do indivíduo, abaixo da média para a idade, em habilidades acadêmicas afetadas ou desempenho mediano após altos níveis de esforço ou apoio. As baixas habilidades escolares interferem significativamente no desempenho escolar em crianças; já na vida adulta, interferem no desempenho profissional ou em atividades do cotidiano que envolva tais habilidades. Caracteriza também o transtorno a presença de dificuldades de aprendizagem nos primeiros anos escolares, na maior parte dos indivíduos. Outra característica diagnóstica é de que as dificuldades de aprendizagem não são atribuíveis a deficiências intelectuais, atraso global do desenvolvimento, deficiências auditivas ou visuais, problemas neurológicos ou motores (APA, 2014). Indivíduos com transtornos de aprendizagem e níveis intelectuais mais altos podem conseguir manter um desempenho acadêmico adequado com o uso de estratégias compensatórias (ex. uso de computadores; uso de repetição e apoio a repetição como sublinhar, destacar e copiar; reescrever; criar analogias; etc) (Ferreira & Horta; 2015), alto esforço ou apoio, até que exigências de aprendizagem (ex. testes cronometrados) estabeleçam barreiras para aprendizagem. As dificuldades de aprendizagem também não podem ser atribuídas a fatores externos como condição socioeconômica, educação, ambiente.

Ainda de acordo com o DSM-5, nos TEAs diferentes domínios acadêmicos são afetados em distintas combinações, como reconhecimento visual de palavras,

ortografia, compreensão, expressão escrita, processamento numérico, cálculo e raciocínio aritmético. Caracteriza ainda como critério diagnóstico dos TEAs a presença de dificuldades em mais de um contexto, ou seja, implicar tanto no desempenho acadêmico como na vida diária. Por fim, os TEAs estão relacionados a um grupo de condições caracterizadas por uma discrepância entre o desempenho escolar em um ou mais domínios acadêmicos e a habilidade cognitiva geral do indivíduo (APA, 2014; Hasse & Santos, 2014).

Estima-se que a prevalência do transtorno específico de aprendizagem nos domínios acadêmicos de leitura, escrita e matemática seja semelhante, de 5 a 15% entre crianças em idade escolar. Não há marcadores biológicos conhecidos para o diagnóstico dos TEAs, somente genes candidatos (Haase et al., 2012). Ademais, é sabido que fatores ambientais (prematuridade, baixo peso ao nascer), atraso na fala ou linguagem, problemas de comportamento nos anos pré-escolares são aspectos que aumentam o risco de TEA (APA, 2014).

O TEA costuma ter seu início e diagnóstico nos primeiros anos de vida escolar, quando a criança inicia a aprendizagem da leitura, escrita e cálculos. Precursores, como atrasos ou déficits linguísticos, dificuldades para rimar e contar ou dificuldades com habilidades motoras finas necessárias para a escrita podem ocorrer na primeira infância, antes do início do processo de escolarização (APA, 2014). As dificuldades supracitadas podem ser consideradas fatores de vulnerabilidade para o TEA.

O TEA permanece ao longo da vida, mas sua expressão clínica varia com as exigências ambientais, a gravidade das dificuldades e a capacidade individual de aprendizagem, presença de comorbidades e a intervenção e apoio (APA, 2014). Ou seja, o impacto na funcionalidade varia conforme a faixa etária e características individuais.

Estima-se que até cerca de 70% dos indivíduos com TEAs apresentam algum tipo de comorbidade entre si (Desoete, 2008, Dirks et al., 2008 *apud* Haase et al., 2011). Entre as comorbidades, destacam-se outros transtornos do neurodesenvolvimento (ex. Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade - TDAH, transtorno do espectro autista, transtorno do desenvolvimento da coordenação) ou outros transtornos psiquiátricos (ex. transtorno de ansiedade). Tais comorbidades podem dificultar o diagnóstico diferencial do TEA, visto que podem

interferir na execução de atividades cotidianas e na aprendizagem (APA, 2014; Haase et al., 2011).

De acordo com o DSM 5, os TEAs são codificados quanto aos seus domínios e sub-habilidades prejudicados. Tais domínios podem ser especificados quanto a prejuízo na leitura (dislexia), prejuízo na expressão escrita ou prejuízo na matemática (discalculia).

Desta forma o presente trabalho tem por objetivo descrever o Transtorno de Aprendizagem da Matemática e apontar os mecanismos cognitivos subjacentes de maior implicação para a fonoaudiologia. A pesquisa será realizada por meio de uma revisão de literatura baseada na escolha arbitrária de tópicos relevantes para o tema.

2 Discalculia do Desenvolvimento

A discalculia do desenvolvimento se refere a um transtorno na aquisição de habilidades aritméticas básicas relacionadas a déficits na representação de numerosidade ou magnitude, no reconhecimento e produção de numerais em suas diversas notações bem como de operadores aritméticos, na capacidade de aprender e resgatar automaticamente os fatos aritméticos, e na capacidade de realizar as quatro operações aritméticas. As dificuldades na aprendizagem da matemática são persistentes e não podem ser atribuídas a fatores emocionais, a privação socioeducacional ou a déficits neurossensoriais (Haase et al., 2016; Silva et al., 2015).

O avanço da neurociência com estudos genéticos e de neuroimagem mostra que a discalculia do desenvolvimento é um distúrbio genético com bases neurobiológicas e com forte influência ambiental (Bastos et al., 2016). Este transtorno apresenta, portanto, uma etiologia multifatorial, resultando da interação de fatores culturais e socioambientais (associação com a classe social, nível educacional e renda), fatores genéticos (associados a síndromes genéticas) e aspectos ambientais (Haase et al., 2016).

Sob o aspecto cognitivo, a discalculia do desenvolvimento consiste em um transtorno heterogêneo apresentando comprometimento em diferentes combinações das habilidades verbais, memória verbal, processamento fonológico, habilidades visoespaciais, funções executivas e representação não simbólica de magnitude (Haase et al., 2016).

Um estudo realizado com a população brasileira mostrou que a prevalência da discalculia foi de 7,8% na população em idade escolar (Bastos et al., 2016). O estudo ressalta que esse número - um pouco acima da média mundial - representa importantes problemas sociais. A análise dos resultados mostrou maior prevalência entre as crianças que estudam em escolas localizadas em bairros de maior vulnerabilidade, com pais de baixa escolaridade e predominância de ocorrência em indivíduos do sexo masculino (Bastos et al., 2016).

A discalculia apresenta elevada ocorrência de comorbidades. Apenas 1/3 dos indivíduos apresentam discalculia pura, os outros 2/3 apresentam discalculia associada a distintos transtornos como a dislexia do desenvolvimento e o TDAH (Dirks et al., 2008, Landerl & Moll, 2010 *apud* Haase et al., 2016).

Uma proposta para a problemática decorrente das comorbidades é o conceito de endofenótipos. Os endofenótipos caracterizam-se por fenótipos intermediários, mediadores das relações entre múltiplos mecanismos etiológicos (genéticos e ambientais) e múltiplas manifestações fenotípicas, as quais são reguladas pelos tipos e níveis de atividade cerebral e, deste modo, pela experiência do indivíduo. Os endofenótipos inerentes a transtornos podem facilitar a detecção de riscos genéticos relativos à condição clínica em questão (Haase et al., 2012; Waldman, 2005). De acordo com esta perspectiva, cada transtorno do desenvolvimento ou de aprendizagem seria caracterizado como um mosaico de endofenótipos. As manifestações clínicas estariam relacionadas aos endofenótipos presentes em um determinado caso (Haase et al., 2016).

Indivíduos com discalculia podem apresentar dificuldades em compreender conceitos numéricos simples, bem como em ter uma compreensão intuitiva de número, podem ter problemas para aprender fatos aritméticos e procedimentos matemáticos em geral. Os domínios mais afetados são o conceito de numerosidade, a habilidade de contar, bem como as habilidades de transcodificar entre as diversas representações simbólicas de número, aprender e resgatar os fatos aritméticos e de realizar as quatro operações matemáticas (Haase et al., 2016).

Um modelo cognitivo utilizado para explicar as representações numéricas é o modelo do código triplo proposto por Dehaene (1992). Este modelo propõe três tipos de representações de magnitude: analógica, arábica e verbal. A representação analógica se refere à ideia de senso numérico, sistema pré-verbal de raciocínio aritmético e está relacionada com a compreensão do significado dos números,

noção de quantidade e capacidade de estimação (comparação de magnitudes). No que diz respeito ao substrato neuroanatômico, a representação analógica relaciona-se principalmente com porções bilaterais do sulco intraparietal (Silva, 2013). O processamento no sistema arábico (ex. 5) recruta bilateralmente uma rede neuronal cujo epicentro é o giro fusiforme, sendo importante para a realização de cálculos que envolvem algarismos com vários dígitos. O sistema verbal (ex. cinco) é fundamentado na linguagem e possibilita a realização de cálculos exatos e problemas apresentados oralmente, tendo o giro angular esquerdo como seu epicentro (Silva et al., 2015; Silva, 2013). Os múltiplos componentes desse modelo podem se comprometer em diferentes combinações, demonstrando a complexidade e a heterogeneidade da discalculia.

Há ainda a proposta de que distintos mecanismos contribuam para diferentes manifestações fenotípicas. Os mecanismos cognitivos subjacentes aos TEAs podem ser categorizados em gerais e específicos. Os mecanismos gerais compreendem a inteligência e a memória operacional; já os específicos, diferem de um transtorno para o outro. Quanto aos transtornos do neurodesenvolvimento, estes teriam origem a partir da interação entre os fatores cognitivos gerais e os específicos (Haase et al., 2014).

Na discalculia os principais mecanismos cognitivos subjacentes comprometidos dizem respeito a déficits no senso numérico, na memória operacional, nas habilidades visuoespaciais e no processamento fonológico. Prejuízos em cada um desses domínios podem impactar diferentes habilidades na matemática (Haase et al., 2016).

Senso Numérico

O comprometimento do senso numérico é uma hipótese altamente considerada para se explicar as dificuldades de aprendizagem da matemática. O senso numérico compreende a habilidade de discriminar de modo rápido e aproximado à magnitude dos conjuntos, sem recurso à contagem (Haase & Santos, 2014).

Uma hipótese alternativa para as dificuldades de aritmética na discalculia é de que há déficits de acesso, e não déficits nas representações não simbólicas de magnitude a partir das representações simbólicas (Hasse & Santos, 2014; Silva, 2013). Outros estudos indicam ainda que o déficit de acesso ao senso numérico,

bem como dificuldades relacionadas à memória operacional, à memória semântica, conhecimento procedural e pensamento estratégico determinariam a aprendizagem da matemática (Haase et al., 2011).

A aquisição do senso numérico contribui para o desenvolvimento do pensamento aritmético propriamente dito e é também influenciado pelas funções cognitivas (atenção, funções executivas, linguagem, etc) que se desenvolvem durante a pré-escola e os primeiros anos de escolarização, de aspectos genéticos, bem como de habilidade de memória operacional e simbolização numérica (Silva & Santos, 2011).

Memória Operacional

A memória operacional se refere à capacidade de manipular e reter informações por curtos períodos de tempo e está associada à resolução de problemas, resgate das informações em conjunto com a memória de longo prazo, entre outros (Silva & Santos, 2011).

De acordo com o modelo de memória operacional proposto por Baddeley e Hitch (1974), a memória operacional é formada pelo menos por três componentes, os quais estariam envolvidos na aprendizagem da aritmética e seus transtornos (Haase et al., 2016): o esboço visuoespacial, para armazenamento de informações visuoespaciais; a alça fonológica, para retenção de informações verbais; e o executivo central, um controlador atencional responsável pela manipulação da informação (Silva & Santos, 2011). O executivo central é um importante preditivo do desempenho do processamento numérico em crianças em idade escolar e pelo componente visuoespacial da memória de trabalho (Haase et al., 2016; Silva, 2013; Corso & Dorneles; 2012). Em estudo recente, Baddeley (2000 *apud* Silva & Santos, 2011) incluiu ainda o componente retentor episódico que integraria as informações em um episódio único e consciente.

De acordo com um estudo de revisão realizado por Silva et al. (2015), as dificuldades de aprendizagem matemáticas podem estar relacionadas a déficits na memória de trabalho. Existiriam, portanto, três subtipos de dificuldades de aprendizagem matemáticas, todas relacionadas a déficits de memória: subtipo procedimental, em que os déficits estariam associados à prejuízos na memória de trabalho verbal; subtipo relacionado à memória semântica, em que o indivíduo apresentaria déficits na recuperação dos fatos aritméticos, e subtipo viso-espacial,

em que o indivíduo apresentaria déficits na representação espacial de número. De acordo com LeFevre et al. (2010 *apud* Silva, 2013), a memória de trabalho visuoespacial é preditora independente do desempenho na matemática em crianças de 4 a 8 anos de idade. Os autores usaram a medida de atenção viso-espacial correlacionando-a com medidas simbólicas e não simbólicas do processamento numérico (leitura de números e comparação de magnitudes) nas crianças pré-escolares.

Ao realizar operações aritméticas, o indivíduo deve manter na memória uma informação, por exemplo, “um mais um é igual a...” enquanto realiza o problema, dessa forma, uma memória de trabalho fonológica eficiente pode influenciar o resgate de fatos aritméticos da memória de longo prazo (Silva et al., 2015).

Uma forma de minimizar o esforço da memória de trabalho durante os cálculos aritméticos é contar nos dedos. Esta habilidade prediz o desempenho na matemática e diferenças individuais. De acordo com o estudo de Alibali e DiRusso (1999 *apud* Costa et al., 2011) a contagem de dedos ajuda as crianças a manter o controle dos objetos contados e a coordenar o número de palavras com os objetos. Ao utilizar os dedos como um mecanismo de apoio, diminui as demandas cognitivas sobre a memória de trabalho, facilitando a transição entre representações simbólicas e não simbólicas. Esta é uma habilidade prejudicada em crianças com discalculia, sendo, no entanto sugerida em alguns estudos, como uma importante estratégia para aprender a resolver as operações aritméticas, a ser incentivada nas crianças em idade pré-escolar e escolar (Haase et al., 2016; Costa et al., 2011; Silva, 2013).

Habilidade Visuoespacial

As habilidades visuoespaciais envolvem a ativação, retenção e/ou manipulação de representações mentais e, estão diretamente relacionadas com a memória operacional. O processamento visuoespacial influencia o desempenho na matemática principalmente porque se relaciona à habilidade do indivíduo em alinhar os números de forma adequada na hora de montar uma operação ou manipular quantidades na memória de curto-prazo (Silva et al., 2015; Silva, 2013; Haase et al., 2012).

Estudos longitudinais citados por Silva (2013) sugerem que o processamento visuoespacial é decisivo nos primeiros anos de aprendizagem da matemática no que

se refere à representação de modelos mentais de quantidade que não envolve rótulos verbais.

Processamento Fonológico

O processamento fonológico compreende um dos principais endofenótipos neuropsicológicos implicados a discalculia (Haase et al., 2012). Este mecanismo está correlacionado, principalmente, com aspectos simbólicos da matemática, como a automatização de fatos aritméticos, resolução de problemas matemática e transcodificação numérica. Os diversos aspectos do processamento fonológico influenciam na aprendizagem dos dígitos e rótulos verbais que representam as magnitudes (Silva, 2013).

O desempenho de indivíduos em tarefas diversas de processamento fonológico depende da qualidade das suas representações dos códigos fonológicos. De acordo com Wagner & Torgesen (1987 *apud* Silva, 2013), os principais componentes do processamento fonológico associados à aquisição da leitura são os seguintes: resgate lexical, o qual está relacionado com a fluência de leitura e de cálculos, uma vez que essas habilidades exigem o resgate apropriado de sons ou números e é uma medida da qualidade das representações fonológicas de longo prazo; a memória de trabalho/ memória de curto prazo fonológica, no executivo central seria responsável pela alocação de recursos atencionais e manipulação de informação; e existiriam dois buffers (visuoespacial e fonológico), de capacidade limitada, que armazenam formas distintas de conteúdos; e consciência fonológica. De acordo com Castles & Coltheart (2004 *apud* Silva, 2013), este componente apresenta maior correlação com o aprendizado da leitura e escrita é a consciência fonêmica, a qual envolve análise, manipulação e síntese de fonemas isolados e sua relação com a palavra como um todo. Segundo os autores Leather & Henry (1994 *apud* Silva, 2013) a natureza da associação entre consciência fonológica e matemática está relacionada ao fato de que manipulações fonológicas exigem processos aritméticos (ex. tarefas de supressão de fonemas que exige a subtração de um som) e envolvem memória de trabalho (Silva, 2013). Déficits nestes domínios também podem causar déficits na matemática (Silva, 2013).

Um estudo realizado por Hecht e colaboradores (2001 *apud* Haase et al., 2016) mostrou que as habilidades de processamento fonológico avaliadas no 2º ano eram preditivas do desempenho escolar na matemática até o 5º ano. O mesmo

estudo propõe que o processamento fonológico é constituído de três subcomponentes, sendo eles a velocidade de resgate das formas fonológicas da memória de longo-prazo, à capacidade de armazenamento na memória fonológica de curto-prazo e a consciência fonêmica. Tais componentes foram avaliados neste estudo, respectivamente, por tarefas de nomeação automatizada rápida, tarefas de alcance de apreensão e tarefas de supressão de fonemas.

O resultado do estudo realizado por Hecht e colaboradores (2001) aponta que a consciência fonológica prediz para o desempenho matemático em crianças de idade escolar, visto que a tarefa de supressão de fonemas exige habilidades cognitivas complexas e que se sobrepõem ao construto memória de trabalho, sendo associado também como um fator importante para a alta comorbidade entre a discalculia e a dislexia (Haase et al., 2016; Silva et al., 2016; Haase et al., 2012).

Déficits de processamento fonológico são primariamente atribuídos como mecanismo subjacente à dislexia do desenvolvimento, contudo crianças com este tipo de dificuldade podem apresentar problemas na aprendizagem da contagem de números, transcodificação numérica (capacidade de mudar os números de notação: cinco (notação verbal) - 5 (notação arábica)), problemas matemáticos e memorização da tabuada. Tal fato significa que algumas habilidades matemáticas apresentam uma associação direta com o domínio cognitivo, essencial para a aprendizagem da leitura (Silva et al., 2015). No que se refere aos aspectos cerebrais, dados na literatura apontam que regiões do giro angular esquerdo são importantes tanto para as habilidades de leitura quanto para a matemática (Silva et al., 2015; Vukovic & Lesaux, 2013).

Desta forma, o processamento fonológico pode representar um papel fisiopatogênico adicional, nos casos de comorbidades com a dislexia, implicando em comprometimento dos aspectos verbais da aritmética, como a aprendizagem dos fatos e a resolução de problemas verbalmente formulados, os quais, para a sua resolução, o indivíduo deve converter os termos em um código verbal, processar a informação fonológica e resgatar uma resposta da memória de longo prazo verbal (Haase & Santos, 2014; Silva, 2013). O processamento fonológico está correlacionado, principalmente, com aspectos simbólicos da matemática, como a automatização de fatos aritméticos, resolução de problemas matemáticos e transcodificação numérica (Silva et al, 2015).

3 Comorbidades entre Discalculia e Dislexia

A discalculia e a dislexia são caracterizadas como entidades nosológicas persistentes e com grande potencial para afetar a adaptação psicossocial. A etiologia destes transtornos é multifatorial e envolvem aspectos genéticos. Associações com síndromes genéticas apontam que os TEAs se devem a perturbações de *loci* gênico específicos, no qual a discalculia estaria associada a fenótipos de síndromes genéticas e influências ambientais (Haase et al., 2011). Consequentemente estes transtornos estão associados com escolarização formal mais baixa e a redução da empregabilidade e renda (Haase et al., 2011).

No que se refere aos aspectos anátomo funcionais, a aprendizagem da aritmética está associada a estruturas e a integridade funcional de uma rede frontoparietal no sulco intraparietal, incluindo também o córtex occipito-temporal lateral inferior, o córtex parietal inferior e o hipocampo. Um estudo de Gerstmann (1940 *apud* Costa et al., 2011) observou que pacientes com lesões na região do giro angular esquerdo apresentaram distúrbios de orientação direita-esquerda, disgrafia, acalculia e agnosia do dedo. Já para a leitura de palavras, várias regiões do cérebro não são suficientemente ativadas, tanto no nível de análise visual quanto do tratamento fonológico. Dentre essas regiões, há subativação do córtex occipito-temporal esquerdo, do córtex temporal esquerdo e do giro angular (Dehaene, 2012).

Quanto às comorbidades entre os dois transtornos, as mesmas poderiam ser explicadas por compartilhamento de fatores etiológicos e mecanismos cognitivos. Estudos sugerem que o processamento fonológico é o principal mecanismo cognitivo compartilhado entre os transtornos cujo déficit pode influenciar no aprendizado das habilidades (Silva et al., 2015; Haase et al., 2012). Outros mecanismos também podem ser compartilhados como as funções executivas, a memória de trabalho e o senso numérico.

O processamento fonológico na dislexia implica na acurácia e fluência da leitura. Já na discalculia este mecanismo compromete os aspectos verbais da aritmética, como a aprendizagem dos fatos e a resolução de problemas formulados verbalmente. Dessa forma, déficits no processamento fonológico se caracterizam como uma condição suficiente, mas não necessária, para dificuldades de aprendizagem da matemática (Silva et al., 2015; Haase & Santos, 2014).

A maior parte dos estudos com disléxicos indicam que a dificuldade na recordação de fatos aritméticos é o maior prejuízo na matemática deste grupo, o que sugere que os códigos fonológicos da memória de longo prazo estão prejudicados (Vukovic & Lesaux, 2013). Em um estudo, Simmons e Singleton (2008 *apud* Silva et al., 2015), sugerem que o processamento fonológico é preditor do desempenho aritmético, dessa forma, crianças com dislexia teriam representações fonológicas pobres causando impacto negativo na aprendizagem da matemática.

O resgate de fatos aritméticos, principalmente os de adição e multiplicação, tem sido frequentemente associado ao processamento fonológico, uma vez que a resolução é mais dependente de estratégias verbais. Desta maneira para resolver um problema matemático, o indivíduo deve transformar os termos e o operador em um código verbal (Silva et al., 2015). Há ainda uma memorização da sequência para a resolução dessas operações. Por esse motivo, as dificuldades presentes nos transtornos das habilidades matemáticas persistem mesmo quando há domínio do procedimento, pois se referem a problemas na compreensão do conceito e na aplicação do conhecimento em novas situações-problema (Weinstein, n.d.).

Quanto aos indivíduos com dificuldades específicas da linguagem, estes apresentam prejuízo na linguagem oral e inteligência não verbal dentro ou superior à média, podem ainda apresentar prejuízos no desempenho da matemática. No que se referem ao processamento numérico, os indivíduos podem apresentar um desempenho inferior em aspectos verbais; como contagem, recordação de fatos aritméticos e transcodificação, e desempenho adequado em tarefas relacionadas à representação aproximada de magnitudes, como comparação e estimativa numérica (Silva et al., 2015).

Sendo assim, é importante que crianças com dislexia ou dificuldades específicas de linguagem também recebam intervenções voltadas ao processamento numérico, especialmente no que diz respeito à memorização da tabuada e interpretação dos problemas matemáticos (Silva et al., 2015).

Já é sabido que déficits no processamento fonológico influenciam na aprendizagem da leitura e matemática, mesmo com o controle da inteligência e vocabulário. Desta forma, pode-se inferir que intervir nas habilidades do mecanismo cognitivo do processamento fonológico melhorem as habilidades de leitura, escrita e matemática, reforçando o achado de que o *lócus* comum (giro angular esquerdo) à

aprendizagem destas habilidades poderiam causar impactos aos transtornos da dislexia e da discalculia (Silva et al., 2015).

Portanto, pode-se concluir que o processamento fonológico possivelmente desempenha um papel na aprendizagem de aspectos da matemática mais dependentes do emprego de códigos verbais, mas os efeitos podem ser excedidos quando relacionados ao processamento executivo e à memória de trabalho (Haase et al., 2016). Tal fato apoia a necessidade de estudos e conhecimento dos fonoaudiólogos acerca da discalculia.

4 Atuação do Fonoaudiólogo nos Transtornos de Aprendizagem

O fonoaudiólogo é o profissional habilitado para desenvolver ações que contribuam para a promoção, aprimoramento, e prevenção de alterações dos aspectos relacionados à audição, linguagem (oral e escrita), motricidade oral e voz e que favoreçam e otimizem o processo de ensino e aprendizagem.

Os transtornos de aprendizagem são amplamente conhecidos e estudados pelos fonoaudiólogos, os quais tem sua atuação predominantemente voltada para as questões de leitura e escrita. A discalculia do desenvolvimento é ainda um transtorno pouco conhecido pelos fonoaudiólogos, principalmente quando comparamos à dislexia (Santos & Pereira, 2015; Dias et al., 2013). Quanto aos estudos sobre os transtornos de aprendizagem, o número de pesquisas relativas ao prejuízo em aritmética é ainda significativamente menor do que o de pesquisas sobre déficits em leitura (Silva & Santos, 2011). É importante salientar que o diagnóstico dos transtornos de aprendizagem é realizado pelo fonoaudiólogo junto a uma equipe multiprofissional.

A atuação do fonoaudiólogo nos transtornos de aprendizagem concentra-se em sua maioria em intervenções e tratamentos para dislexia, as quais podem ocorrer no âmbito educacional ou da clínica. Na área educacional, o fonoaudiólogo desempenha um importante papel, no que se refere à avaliação, diagnóstico, intervenção e prevenção, não só nas alterações da linguagem oral, mas também, no desenvolvimento normal ou não da linguagem escrita (Capellini, 2007; Deuschle et al., n.d.).

O fonoaudiólogo pode criar e planejar situações de uso da comunicação, selecionar a literatura que será oferecida aos alunos, considerando-se aspectos pragmáticos, gramaticais e semânticos, planejar e desenvolver situações que levem

ao desenvolvimento das habilidades narrativas. Além de identificar e criar situações visando desenvolver as habilidades metalinguísticas e metacognitivas que são preditoras ou facilitadoras para a aprendizagem da leitura e escrita (Capellini, 2007), e orientações sobre posturas comunicativas que são facilitadoras no processo de atenção, dentre outras (Deuschle et al., n.d.).

Em parceria com a equipe pedagógica, a ação do fonoaudiólogo escolar pode ser realizada através de programas de treinamento, leituras, pequenos cursos ou palestras, que podem abranger os seguintes aspectos: noções gerais de todo o processo de aquisição da linguagem, visão geral a respeito dos problemas de linguagem e a relação entre os distúrbios da comunicação oral e dificuldades de aprendizagem dentro do processo educacional (Deuschle et al., n.d.). Tais ações, realizadas junto aos professores, pais, equipe multiprofissional, tem por objetivo proporcionar um melhor desenvolvimento e desempenho escolar dos alunos.

5 Atuação do Fonoaudiólogo na Discalculia do desenvolvimento

Indivíduos com discalculia apresentam prejuízos amplos e graves na prática para lidar com números, com comprometimento em habilidades do cotidiano, não se limitando apenas à execução de cálculos aritméticos (Silva, 2013). Dentre as dificuldades apresentadas destacam-se: confusão dos sinais das operações matemáticas; problemas em diferenciar entre esquerdo e direito; falta de senso de direção (para o norte, sul, leste e oeste); inabilidade de dizer qual de dois números é o maior; inabilidade de apreender e recordar conceitos matemáticos, regras, fórmulas e sequências matemáticas; dificuldade de manter a contagem durante jogos; dificuldade nas atividades que requerem processamento de sequências (dança, leitura, escrita); dificuldades na compreensão dos conceitos (ex: igual e diferente, grande e pequeno, metade, probabilidade); dificuldades para nomear e reproduzir formas, nomear o valor do dinheiro; dificuldades em dizer a hora; dificuldades no uso de calculadoras e na leitura de gráficos e mapas; dentre outras (Haase et al., 2016; Weinstein, n.d.).

A intervenção da fonoaudiologia na discalculia está pautada nas dificuldades de linguagem, no processamento fonológico e seus componentes (resgate lexical, memória de trabalho/ memória de curto prazo fonológica e consciência fonológica), e nas funções cognitivas implicadas ao transtorno.

Vale ressaltar que o diagnóstico e tratamento da discalculia devem ser realizados por uma equipe multiprofissional, envolvendo avaliação fonoaudiológica, neuropediátrica, neuropsicológica e psicopedagógica. A equipe irá avaliar e discutir o desempenho em cada domínio cognitivo específico e as influências mútuas entre eles: formação de conceitos; velocidade de processamento da informação; memória de trabalho; decodificação de símbolos; domínio da matemática, leitura e escrita; atenção; memória; senso numérico; domínio de procedimentos; noções de tempo e espaço; entre outros (Weinstein, n.d.). O tratamento deve ocorrer o quanto antes a fim de evitar o fracasso escolar, o desestímulo e a baixa autoestima do indivíduo fazendo com que o mesmo consiga lidar com suas dificuldades, encontrando meios facilitadores para sua aprendizagem. Considerando ainda a alta prevalência dos transtornos, o impacto na saúde do indivíduo, na funcionalidade e no seu desenvolvimento profissional e socioeconômico.

6 Considerações Finais

A linguagem apresenta um importante papel no desenvolvimento das competências matemáticas. Dessa forma, sendo o Fonoaudiólogo o profissional especialista em linguagem e habilitado para a identificação, prevenção e tratamento dos transtornos da linguagem, e considerando ainda a estreita relação e compartilhamento de mecanismos cognitivos entre os transtornos da dislexia e da discalculia, cabe também a esse profissional, conhecer sobre o transtorno de aprendizagem da matemática (discalculia).

Sabe-se que o número de pesquisas sobre a discalculia é cada vez mais crescente, contudo este transtorno é ainda pouco conhecido e abordado na formação dos profissionais envolvidos na identificação e tratamento, dentre eles o fonoaudiólogo.

Dada essa dimensão, faz-se necessário ampliar e atualizar estudos sobre a discalculia, que integrem e aproximem concepções distintas das áreas envolvidas, possibilitando assim uma melhor qualificação dos profissionais, e conseqüentemente, melhor desenvolvimento do indivíduo com o transtorno. Conhecer este transtorno permitirá sua detecção e diagnóstico precoce e a devida intervenção. Isso auxiliará na elaboração das estratégias de estimulação, priorizando e hierarquizando as habilidades a serem promovidas e/ou compensadas.

É necessário ainda que o profissional que lida com a intervenção de crianças com transtornos de aprendizagem entenda sobre os mecanismos cognitivos e os modelos que explicam a aprendizagem da leitura, escrita e matemática. Também se faz importante compreender os pontos comuns entre os transtornos de aprendizagem, levando em consideração a alta prevalência dos mesmos, o impacto na saúde, na autoestima, na funcionalidade, no desenvolvimento profissional e socioeconômico do indivíduo.

Referências

- American Psychiatric Association (2014). *DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais* (5a ed, pp. 66-74.). Porto Alegre: Artmed.
- Bastos, J. A., Cecato, A. M. T., Martins, M. R. I., Grecca, K. R. R., & Pierini, R. (2016). The prevalence of developmental dyscalculia in Brazilian public school system. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, *74*(3), 201-206. <https://dx.doi.org/10.1590/0004-282X20150212>.
- Bicalho, L. G. R., & Alves, L. M. (2010). A nomeação seriada rápida em escolares com e sem queixas de problemas de aprendizagem em escola pública e particular. *Revista CEFAC*, *12*(4), 608-616. Epub April 23, 2010. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462010005000018>.
- Capellini, Simone Aparecida. (2007). Editorial II. *Revista CEFAC*, *9*(4). <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462007000400002>.
- Corso, L. V., & Dorneles, B. V. (2012). Qual o papel que a memória de trabalho exerce na aprendizagem da matemática?. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, *26*(42b), 627-648. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-636X2012000200011>.
- 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?. *Front. Psychology*, *2*:368. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00368.
- Dehaene, S. (2012). O cérebro disléxico. In: Dehaene, S. *Os neurônios da leitura: como a ciência explica a nossa capacidade de ler*. (cap. 6, pp. 253-279). Porto Alegre: Penso.
- Deuschle, V. P., Donicht, G., & Paula, G. R. (n.d.). Distúrbios de aprendizagem: Conceituação, etiologia e tratamento. Recuperado em 28 de janeiro de 2018, de <http://www.profala.com/arttf103.htm>.
- Dias, M. A. H., Pereira, M. M. B., & Van Borsel, J. (2013). Avaliação do conhecimento sobre a discalculia entre educadores. *Audiology - Communication Research*, *18*(2), 93-100. <https://dx.doi.org/10.1590/S2317-64312013000200007>
- Ferreira, M., & Horta, I. V. (2015). Leitura: Dificuldades de aprendizagem, ensino e estratégias para o desenvolvimento de competências. *Da Investigação às Práticas*, *5*(2), 144-154. Recuperado em 28 de janeiro de 2018, de http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2182-13722015000200009&lng=pt&tlng=pt.
- Haase, V.G., Alves, I.S., & Paiva, G.M. (2016). Dislexia e Discalculia do Desenvolvimento: Dez anos de estudo das dificuldades de aprendizagem da matemática. In: Haase, V.G., & Paiva, G.M. *Apontamentos sobre Neuropsicologia escolar*. (1.ed., cap. 9, pp. 74-109). Belo Horizonte.
- Haase, V. G., Costa, A. J., Antunes, A. M., & Alves, I. S. (2012). Heterogeneidade Cognitiva nas Dificuldades de Aprendizagem da Matemática: Uma Revisão

Bibliográfica. *Psicologia em Pesquisa*, 6(2), 139-150. <https://dx.doi.org/10.5327/Z1982-12472012000200007>.

- Haase, V. G., Moura, R. J., Chagas, P. P., & Wood, G. (2011). Discalculia e dislexia: semelhança epidemiológica e diversidade de mecanismos neurocognitivos. In: Alves, L. M.; Mousinho, R.; Capellini, S. A. (Eds.). *Dislexia: novos temas, novas perspectivas* (pp. 257-282). Rio de Janeiro.
- Haase, V.G. & Santos, F.H. (2014). Transtornos específicos de aprendizagem: dislexia e discalculia. In: Fuentes, D., Malloy-Diniz, L.F., Camargo, C.H.P., Cosenza, R.M. (orgs.). *Neuropsicologia: teoria e prática*. (2. ed., Cap. 10, pp. 139-153). Porto Alegre: Artmed.
- Santos, C.C., & Pereira, D.G. (2015). Discalculia: Um distúrbio ainda desconhecido. In: VIII Encontro de Pesquisa em Educação e III Congresso Internacional Trabalho Docente e Processos Educativos. *Anais...* Uberaba: UniUbe.
- Silva, J.B.L. (2013). *O papel da consciência fonêmica como mecanismo cognitivo subjacente ao processamento numérico*. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil. Recuperado em 16 de dezembro de 2017, de <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUOS-9HKKGP>.
- Silva, J. B. L., Moura, R. J., Wood, G., & Haase, V. G. (2015). Processamento fonológico e desempenho em aritmética: uma revisão da relevância para as dificuldades de aprendizagem. *Temas em Psicologia*, 23(1), 157-173. Recuperado em 03 de fevereiro de 2018, de http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-389X2015000100012&lng=pt&tlng=pt.
- Silva, P. A., & Santos, F. H. (2011). Discalculia do desenvolvimento: avaliação da representação numérica pela ZAREKI-R. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 27(2), 169-177. <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-37722011000200003>.
- Vukovic, R. K., & Lesaux, N. K. (2013). The relationship between linguistic skills and arithmetic knowledge. *Learning and Individual Differences*, (23), 87–91. Recuperado em 26 de julho de 2017, de <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.007>.
- Waldman, I.D. (2005). Statistical approaches to complex phenotypes: evaluating neuropsychological endophenotypes for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry*, 57(11), 1347-1356.
- Weinstein, M. A. (n.d.). Transtorno específico das habilidades matemáticas e discalculia do desenvolvimento. Recuperado em 03 de fevereiro de 2018, de http://www.institutoabcd.org.br/portal/arquivos/1367245409_habilidades_matematicas_e_discalculia__autora_monica_weinstein.pdf.
- Zorzi, J.L. (2004). Os distúrbios de aprendizagem e os distúrbios específicos de leitura e da escrita. In: Britto, A.T.B.O. (org.). *Livro de fonoaudiologia* (pp. 217-230). São José dos Campos: Pulso Editorial.